



TUGAS AKHIR - MO 141326

**ANALISA LAJU SEDIMENTASI PADA ALUR PELAYARAN TIMUR,
PELABUHAN TANJUNG PRIOK**

Andre Prakoso

NRP. 4311 100 039

DOSEN PEMBIMBING :

Haryo Dwito A, ST.,M.Eng.,Ph.D

Suntoyo, ST.,M.Eng.,Ph.D

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



UNDERGRADUATE THESIS - MO 141326

**SEDIMENTATION RATE ANALYSIS IN TANJUNG PRIOK PORT
EAST ACCESS CHANNEL**

Andre Prakoso

NRP. 4311 100 039

SUPERVISORS :

Haryo Dwito A, ST.,M.Eng.,Ph.D

Suntoyo, ST.,M.Eng.,Ph.D

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA LAJU SEDIMENTASI PADA ALUR
PELAYARAN TIMUR, PELABUHAN TANJUNG PRIOK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ANDRE PRAKOSO

NRP. 4311 100 039

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Haryo Dwito Armono, S.T.,M.Eng.,Ph.D..... (Pembimbing I)

Suntoyo, S.T.,M.Eng.,Ph.D..... (Pembimbing II)

Surabaya, Januari 2015

ANALISA LAJU SEDIMENTASI PADA ALUR PELAYARAN TIMUR, PELABUHAN TANJUNG PRIOK

Nama mahasiswa : Andre Prakoso

NRP : 4311100039

Jurusan : Teknik Kelautan-FTK ITS

Dosen Pembimbing : Haryo Dwito A, ST., M.Eng., Ph.D
Suntoyo, ST., M.Eng., Ph.D

ABSTRAK

Tanjung Priok merupakan pelabuhan tersibuk di Indonesia yang terletak di pantai utara kota Jakarta. Dibawah manajemen PT Pelabuhan Indonesia II, pelabuhan tersebut menangani lebih dari 30% kargo non *oil and gas* serta sekitar 50% kargo umum yang keluar dan masuk ke Indonesia. Sebagai upaya meningkatkan kinerja Pelabuhan Tanjung Priok, Terminal Kalibaru seluas 172 ha akan dibangun dan diperkirakan selesai pada tahun 2015. Dalam rangka memenuhi kebutuhan lalu lintas kapal terminal Kalibaru, Alur Pelayaran Timur Tanjung Priok, (APTTP) akan direvitalisasi. Kegiatan tersebut akan membutuhkan analisa laju sedimentasi yang akurat guna menyusun rencana pengerukan alur pelayaran tersebut. Pada tugas akhir ini analisa volume sedimentasi dilakukan dengan metode *Overlay* dan SED-PIT model untuk selanjutnya digunakan sebagai referensi dalam memprediksi laju sedimentasi pada APTTP. Sedimentasi terbesar terjadi pada segmen FJ periode Aug-Dec yaitu sebesar 276.756,52 m³/tahun pertahun untuk metode *Overlay* dan 200.635,39 m³/tahun untuk metode SED-PIT. Sedangkan sedimentasi terkecil terjadi pada segmen AE periode Aug-Dec yaitu sebesar 3186.30 m³/tahun untuk metode *Overlay* dan 3504. 62 m³/tahun untuk metode SED-PIT. Tingkat keakuratan metode SED-PIT berkisar 5-20 % terhadap metode *Overlay*. Hal ini dikarenakan asumsi *cross-section* metode SED-PIT yang amat sederhana dan keterbatasan data *input*

Kata Kunci – Laju sedimentasi, *Overlay*, SED-PIT

SEDIMENTATION RATE ANALYSIS IN TANJUNG PRIOK PORT EAST ACCESS CHANNEL

Student Name : Andre Prakoso
Reg : 4311100039
Department : Teknik Kelautan-FTK ITS
Supervisor : Haryo Dwito A, ST., M.Eng., Ph.D
Suntoyo, ST., M.Eng., Ph.D

ABSTRACT

Tanjung Priok is the busiest Indonesia port located in the north coast of Jakarta city. Under PT Pelabuhan Indonesia II management, this port handles over than 30% non oil and gas cargo and up to 50% general cargo which goes in and out Indonesia territories. As an effort to increase Tanjung Priok port performance, a 172 ha Kalibaru terminal is going to be built and finished in 2015. In order to meet Kalibaru terminal ship traffic demand, the Tanjung Priok Port Access Channel (APTTP) is going to be revitalized . A precise sedimentation rate analysis will be needed in order to plan dredging route for that purpose. In this final project, sedimentation volume analysis will be conducted using Overlay method and SED-PIT model which then will be used as a reference in predicting the sedimentation rate in APTTP. The biggest sedimentation rate occurred in FJ segment in the period of Aug-Dec is 216.756,52 m³/year calculated by Overlay method and 200.635,39 m³/year predicted by SED-PIT method. On the other hand, the smallest sedimentation rate occurred in AE segment during period of Aug-Dec is 3186,30 m³/year calculated by Overlay method and 3504,62 m³/year predicted by SED-PIT method. The accuracy level for SED-PIT method is about 5-20% compared to Overlay method as the benchmark. This error occurs due to SED-PIT channel cross-section assumption is too simple and the limitation of input data for SED-PIT itself

Keywords – Sedimentation rate, Overlay, SED-PIT

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan tuntunan sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Rasa terima kasih juga penulis haturkan kepada seluruh pihak yang berkontribusi dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi Sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Dengan judul “Analisa Laju Volume Sedimentasi di Alur Pelayaran barat Surabaya (APBS),” karya tulis ini bertujuan menghitung volume sedimentasi yang terjadi berdasarkan dua metode yang berbeda (Overlaying dan SED-PIT). Kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan guna mengetahui tingkat keakuratan metode SED-PIT dengan metode Overlay sebagai acuan.

Penulis menyadari banyaknya kesalahan dan kekurangan pada karya ilmiah ini, oleh karena itu kritik dan saran dalam rangka penyempurnaan tugas akhir ini amat penulis harapkan. Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat memicu rekan mahasiswa menghasilkan karya ilmiah lain yang jauh lebih berkualitas dan bermanfaat bagi dunia pendidikan di Indonesia.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar belakang masalah	1
1.2 Perumusan masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan masalah	3
1.6 Sistematika penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	 6
2.1 Tinjauan pustaka	6
2.1 Dasar teori	7
2.2.1 Metode <i>Overlay</i>	7
2.2.2 Metode SED-PIT	10
2.2.3 Transpor sedimen	13
2.2.4 Boundary layer	16
2.2.5 Bed roughness.....	18
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	 20
3.1 Metode penelitian	20
3.2 Prosedur penelitian	21

BAB IV PEMBAHASAN METODE OVERLAY.....	23
4.1 Pengolahan peta batimetri	23
4.2 Segmentasi kanal dan proses <i>blanking</i>	26
4.3 Overlay peta batimetri	28
BAB V PEMBAHASAN METODE SED-PIT DAN ANALISA KEDUA METODE.....	31
5.1 Lokasi daerah studi	31
5.2 Parameter Analisa Metode SED-PIT	31
5.3 Hasil Analisa Sedimentasi dengan metode SED-PIT	35
5.4 Analisa hasil kedua metode	35
5.4 Analisa prediksi sedimentasi	40
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	42
6.1 Kesimpulan	42
6.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Alur Pelayaran Timur Pelabuhan Tanjung Priok	1
Gambar 2.1 Skema asumsi kanal yang umum digunakan	7
Gambar 2.2 Penampang melintang SED-PIT	12
Gambar 2.3 Gaya-gaya yang bekerja pada butiran sedimen	14
Gambar 2.4 Klasifikasi wave boundary layer	17
Gambar 2.5 Tipe-tipe bed form	19
Gambar 3.1 Flowchart metodologi penelitian	20
Gambar 4.1 Format peta batimetri yang digunakan dalam studi	23
Gambar 4.2 Tampilan proses retifikasi	24
Gambar 4.3 Tampilan proses digitasi	25
Gambar 4.4 Properti utama proses <i>gridding</i>	25
Gambar 4.5 Pembagian segmen kanal APT Tanjung Priok	27
Gambar 4.6 Proses <i>blanking</i> peta batimetri APT Tanjung Priok	28
Gambar 4.7 Peta hasil olahan digital dan <i>Overlay</i>	29
Gambar 5.1 Perbandingan <i>cross-section</i> SED-PIT dengan hasil digitasi	38
Gambar 5.2 Grafik prediksi periode pengerukan	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi jenis sedimen berdasarkan phi values.....	13
Tabel 4.1 Pembagian Segmen APT Tanjung Priok.....	30
Tabel 4.2 Rangkuman Hasil <i>Overlay</i>	30
Tabel 5.1 Segmen dan Periode Studi Metode SED-PIT	31
Tabel 5.2 Kedalaman rata-rata di dalam dan luar kanal hasil digitasi.....	32
Tabel 5.3 Profil Sedimen Untuk Metode SED-PIT	33
Tabel 5.4 Data Gelombang dan Arus Perolehan Stasiun Priok.....	33
Tabel 5.5 Data Pasut Olahan Dari Buku DISHIDROS.....	34
Tabel 5.6 Hasil Prediksi Sedimentasi Metode SED-PIT	35
Tabel 5.7 Perbandingan Hasil Volume Sedimen Kedua Metode	37
Tabel 5.8 Perbandingan Hasil Laju Sedimentasi Kedua Metode	37
Tabel 5.9 Volume sedimentasi hasil pembagian segmen AE dan FJ	40
Tabel 5.10 Kedalaman dan prediksi rentang waktu pengerukan.....	41

BIODATA PENULIS



Andre Prakoso merupakan pria kelahiran Solo, 6 Agustus 1993 yang dibesarkan dan bertempat tinggal di Jakarta Timur. Riwayat pendidikan formal penulis meliputi SD 03 Pondok Kelapa, SMP 109 Jakarta, SMA 61 Jakarta, serta Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) jurusan Teknik Kelautan. Dalam kesehariannya penulis dikenal sebagai sosok yang aktif berorganisasi dan giat merencanakan segala sesuatu hal.

Kegiatan organisasi yang diikuti oleh penulis semasa kuliah di ITS antara lain: Koordinator Tim Dana OCEANO ITS 2013, Ketua Departemen Syiar Bahrul Ilmi 2012, dan Anggota tim selam OR Air ITS 2012. Di bidang penelitian, penulis terlibat aktif dalam tim batch satu *Student Research and Development Team (SR&DT) Sustainable Island Development Initiative (SIDI)* suatu program penelitian hasil kerjasama ITS dan Hochschule Wismar University Jerman dan di promotori Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. Penulis juga telah menjadi presenter dalam *The 9th International Conference on Marine Technology (MARTEC)* 2014 dengan paper yang berjudul "*Sustainable Marine Tourism Integrated Masterplan for Maratua Island, East Kalimantan, Indonesia*". Selain prestasi yang telah disebutkan diatas, berkat doa dan bantuan semua pihak terkait penulis berhasil menyelesaikan studi di jurusan Teknik Kelautan ITS dalam tempo 3,5 tahun dengan IPK 3,4 (*Alhamdulillah* IPK penulis tidak pernah turun)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang masalah

Tanjung Priok merupakan pelabuhan tersibuk di Indonesia yang terletak di pantai utara kota Jakarta. Dibawah manajemen PT Pelabuhan Indonesia II, pelabuhan tersebut menangani lebih dari 30% kargo non *oil and gas* serta sekitar 50% kargo umum yang keluar dan masuk ke Indonesia. Dengan luas area tambat kapal 422 Ha dan area peletakan kontainer 630 Ha menjadikan pelabuhan ini mampu memuat 5 juta TEUs kontainer (Pelindo II, 2012).



Gambar 1.1 Lokasi Alur Pelayaran Timur Pelabuhan Tanjung Priok
(DISHIDROS, 2012)

Sebagai upaya meningkatkan kinerja Pelabuhan Tanjung Priok, Terminal Kalibaru seluas 172 ha akan dibangun dan diperkirakan selesai pada tahun 2015. Terminal ini akan mampu memuat 4.5 juta TEUs kontainer dan 1 juta m³ produk *oil and gas* (Silvester, Richard, dan John, 1997). Dalam rangka memenuhi

kebutuhan lalu lintas kapal terminal Kalibaru, APTTP akan direvitalisasi. Kegiatan tersebut akan membutuhkan data laju sedimentasi yang akurat guna menyusun rencana pengerukan alur pelayaran tersebut.

Proses sedimentasi dipicu oleh transpor sedimen dan bentuk struktur setempat (Afsal, 2013). Transpor sedimen merupakan proses pemindahan endapan (sedimen) yang dapat berupa pada air laut akibat gaya arus dan gelombang (CERC, 1984). Transpor sedimen tersebut terjadi dalam dua arah, yaitu sejajar garis pantai (*longshore*) dan tegak lurus (*cross shore*) garis pantai. Dimana pada proses tersebut mode transportasi sedimen dibagi menjadi tiga yaitu *bed load*, *suspended load*, dan *wash load* (Fredsoe dan Rolf, 1992). Seiring dengan berkembangnya penelitian mengenai transpor sedimen, faktor yang mempengaruhi transpor sedimen bertambah selain gaya arus dan gelombang. Penelitian Mitchell dan Pope (2006) menemukan hubungan tingkat salinitas air laut dengan tingkat *landward sediment transport* pada saat air laut pasang. Peranan pasang surut dalam menentukan mekanisme proses transpor sedimen juga amat signifikan (Komar dan Paul, 1997).

Dengan begitu banyaknya faktor yang mempengaruhi proses transpor sedimen maka penyederhanaan dalam pemodelan mekanisme transpor sedimen diperlukan. Penelitian ini terbatas terhadap pengaruh gelombang dan arus saja sebagai gaya eksternal pada proses transpor sedimen dan laju pendangkalan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode analitik SED-PIT dengan sumber data hasil *overlay* peta batimetri alur pelayaran tersebut dari tahun ke tahun.

1.2. Perumusan masalah

Perumusan Masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Berapa besar laju sedimentasi pada Alur Pelayaran Timur Pelabuhan Tanjung Priok berdasarkan metode *Overlay* peta batimetri?
2. Berapa besar laju sedimentasi pada Alur Pelayaran Timur Pelabuhan Tanjung Priok berdasarkan metode SED-PIT ?
3. Bagaimana tingkat akurasi metode SED-PIT dengan hasil *Overlay* sebagai pembanding ?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung besar laju sedimentasi pada Alur Pelayaran Timur Pelabuhan Tanjung Priok berdasarkan metode *Overlay* peta batimetri.
2. Menghitung besar laju sedimentasi pada Alur Pelayaran Timur Pelabuhan Tanjung Priok berdasarkan metode SED-PIT.
3. Menghitung tingkat akurasi metode SED-PIT dengan hasil *Overlay* sebagai pembandingan.

1.4. Manfaat

Manfaat yang akan di dapat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Bagi akademisi (perguruan tinggi)*
 - a. Memperoleh informasi mengenai besar laju sedimentasi pada Alur Pelayaran Timur Pelabuhan Tanjung Priok.
 - b. Memperoleh topik permasalahan baru yang dapat dikembangkan dalam pengerjaan tugas akhir dengan bidang *coastal engineering*.
2. *Bagi otoritas pelabuhan*
 - Memberikan bahan referensi guna menyusun rencana pengelolaan sedimen Alur Pelayaran Timur Pelabuhan Tanjung Priok di masa yang akan datang.

1.5. Batasan masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Daerah Penelitian mencakup alur pelayaran timur Pelabuhan Tanjung Priok sesuai dengan peta batimetri yang didapatkan dari Otoritas Pelabuhan Priok selama 1 tahun.
2. Data pasang surut dan arus permukaan didapatkan dari buku panduan DISHIDROS
3. Data sedimen berdasarkan pendekatan karakteristik dengan acuan hasil analisa pengerukan oleh DHI untuk pelabuhan Tanjung Priok tahun 2006

4. Selama periode studi diasumsikan tidak terjadi pengerukan
5. Laju sedimentasi pada metode *Overlay* dianggap konstan
6. Tinggi dan periode gelombang, serta kecepatan arus rata-rata diasumsikan konstan untuk tiap periode perhitungan SED-PIT
7. Resultan sudut datang gelombang, arus, dan arus akibat pasut untuk metode SED-PIT direpresentasikan hanya oleh sudut datang arus rata-rata (karena paling dominan) dan konstan untuk tiap periode perhitungan SED-PIT
8. Studi dilakukan pada segmen kanal yang memiliki proses sedimentasi sebagai proses yang dominan.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan Tugas Akhir meliputi :

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, khususnya alasan mengadakan penelitian. Pendahuluan juga mencakup perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir, manfaat yang diperoleh, ruang lingkup penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Terdiri dari beberapa paparan dan komentar penulis terhadap penelitian-penelitian tentang transport sedimen yang telah dilakukan sebelumnya yang mendukung serta teori yang melandasi. Teori-teori dasar yang terkandung dalam tiap metode perhitungan sedimen juga dipaparkan dalam bab ini secara ringkas.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan mengenai langkah-langkah pengerjaan dalam penyelesaian tugas akhir, beserta metode yang digunakan. Dimulai dengan metode *Overlay* batimetri sebagai acuan utama. Kemudian data kedalaman di dalam kanal dan luar kanal dari proses tersebut digunakan sebagai salah satu input metode

SED-PIT. Kedua hasil metode tersebut kemudian dibandingkan untuk mendapatkan tingkat akurasi SED-PIT

BAB IV PEMBAHASAN METODE *OVERLAY*

Bab ini membahas perhitungan volume sedimen menggunakan metode *Overlay*. Meliputi tahapan pengerjaan, asumsi-asumsi yang digunakan, dan pembahasan hasil yang didapat. Software pembantu yang digunakan dalam analisa *Overlay* adalah global mapper 13 guna proses retifikasi dan Surfer 10 untuk proses digitasi, *Overlay*, dan perhitungan volume sedimen dengan formula cut and fill. Kemudian hasil *Overlay* tersebut dibandingkan untuk mendapatkan tingkat akurasi metode SED-PIT.

BAB V PEMBAHASAN METODE SED-PIT DAN ANALISA HASIL KEDUA METODE

Berisi tahapan pengerjaan perhitungan laju sedimentasi dengan menggunakan metode SED-PIT. Meliputi lokasi dan periode studi, pendekatan nilai property *input* yang dipakai karena keterbatasan data beserta argumentasi didalamnya, serta hasil dari metode SED-PIT itu sendiri. Analisa beserta opini penulis terhadap kedua metode juga dipaparkan dalam bab ini. Analisa tersebut berdasarkan keakuratan, karakteristik, dan usaha yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil dari kedua metode.

BAB VI KESIMPULAN

Berisi kesimpulan yang dicapai dari setiap perhitungan untuk setiap rumusan masalah. Evaluasi untuk kekurangan pengerjaan karya ilmiah ini juga dipaparkan, sehingga berbuah saran untuk penelitian dalam topik yang sama di masa depan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan pustaka

Alur pelayaran mempunyai fungsi untuk menyediakan akses kepada kapal untuk memasuki wilayah pelabuhan dengan aman dan mudah. Fungsi lain dari alur pelayaran adalah untuk menghilangkan kesulitan yang akan timbul karena gerakan kapal dan gangguan alam, maka perlu bagi perencana untuk memperhatikan keadaan alur pelayaran terutama kedalaman wilayah perairan. Alur pelayaran harus memperhatikan profil kapal (lebar, panjang, sarat, dan kecepatan) yang akan dilayani, jumlah jalur lalu lintas, dan bentuk lengkung alur yang berkaitan dengan besar jari-jari alur tersebut. Karena perbedaan antara perkiraan dan fakta dilapangan, maka perencanaan dimensi alur perlu dilakukan secara matang untuk mengantisipasi kehadiran kapal-kapal besar di masa yang akan datang. (Achmad, 2011).

Transpor sedimen merupakan proses pemindahan endapan (sedimen) yang dapat berupa pada air laut akibat gaya arus dan gelombang (CERC, 1984). Proses tersebut merupakan respon alam dalam menjaga keseimbangan supply sedimen di dunia. Sebagai proses yang natural, proses tersebut memiliki dampak alami terhadap lingkungan. Seperti mengontrol ketersediaan cahaya matahari pada perairan dangkal melalui konsentrasi sedimen tersuspensi (Lawson *et.al*, 2007). Ketersediaan cahaya matahari tersebut merupakan hal penting bagi stabilitas ekosistem di wilayah pesisir. Saat sebagian besar sistem alam terganggu oleh penutupan saluran alam, pembangunan suatu struktur buatan (Terminal Kalibaru), atau reklamasi daratan baru; konsekuensi terhadap morfologi lingkungan harus dipelajari/diteliti berdasarkan prediksi ilmiah (van Rijn, 1990).

Studi mengenai sedimentasi khususnya pada alur pelayaran telah dilakukan oleh berbagai peneliti sebelumnya. Diantaranya adalah Mayor (1976), Trawle dan Hebrich (1980), Galvin (1982), dan tentunya van Rijn (1987). Trawle dan Hebrich (1980) mengajukan salah satu teori terkemuka dalam bidang transportasi sedimen ini yang biasa disebut "*Volume of Cut*". *Volume of Cut* itu merupakan

The diagram illustrates the derivation of the continuity equation for a fluid flowing through a channel with a varying cross-section. The top part shows a 3D perspective of a channel of width B , with a fluid element of length $L = B/\sin \alpha_1$. The fluid has velocity u_1 and density ρ_s . The channel walls are at an angle α_1 to the horizontal. The fluid element is bounded by $x=0$ and $x=L$. The bottom part shows a cross-section of the channel at $x=0$, with a trapezoidal shape. The top width is h_0 , the bottom width is h_1 , and the height is d . The channel is inclined at an angle γ to the horizontal. The distance between the two cross-sections is Δs .

2.2. Dasar teori

Overlay peta kontur memudahkan analisis sebuah wilayah dengan menyatukan berbagai obyek menjadi sebuah peta. Dalam pembahasan volume, overlay yang dimaksud adalah menyatukan peta kontur terbaru dengan peta kontur sebelumnya untuk mengetahui besarnya volume cut ataupun fill serta titik lokasi terjadinya sedimentasi atau erosi. pada overlay ini obyek yang akan dioverlaykan harus berada pada posisi dan

grid yang sama. Volume yang dihasilkan adalah volume bersih dimana perhitungannya adalah volume diatas datum (cut) dikurangi dengan volume dibawah datum (fill).

Pengerjaan tugas akhir ini menggunakan bantuan software surfer untuk overlay peta. Metode ini juga telah digunakan oleh Maulana(2008), Cahyadi (2009), Hakim(2010), dan Nurul (2014) untuk analisa volume sedimentasi. Metode interpolasi data yang dipilih dalam software Surfer ini yaitu metode kriging. Yaitu suatu metode geostatistika yang memanfaatkan nilai spasial pada lokasi tersampel dan variogram untuk memprediksi nilai pada lokasi lain yang belum dan/atau tidak tersampel dimana nilai prediksi tersebut tergantung pada kedekatannya terhadap lokasi tersampel.

Kriging sebagai interpolasi spasial optimum dapat menghasilkan nilai prediksi kurang presisi jika di antara data yang ada terdapat pencilan (*outlier*). *Outlier* didefinisikan sebagai nilai yang ekstrim dari nilai amatan lainnya yang kemungkinan dapat disebabkan oleh kesalahan pencatatan, kalibrasi alat yang tidak tepat atau kemungkinan lainnya. Pengembangan *ordinary kriging* (kriging klasik) adalah *robust kriging* yang mentransformasi bobot variogram pada variogram klasik sehingga menjadi variogram yang *robust* terhadap *outlier*.

Perhitungan volume dilakukan dengan menggunakan integrasi numerik dengan pendekatan aturan trapesium. Pada pendekatan ini perhitungan sebuah luasan atau area akan didekati dengan pias-pias berbentuk trapezium. Semakin banyak jumlah pias trapesium, semakin teliti hasil perhitungan luasan yang dilakukan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti, Simpson melakukan pendekatan tidak berupa trapesium namun berupa parabola dengan tiga titik. Selain pendekatan dengan 3 titik ada juga pendekatan parabola dengan 4 titik berdasarkan aturan Simpson. Pendekatan dengan 4 titik ini disebut aturan Simpson 3/8. Untuk menghitung volume dalam sebuah bidang $f(x,y)$, digunakan integral ganda sebagai berikut:

$$Volume = \int_{x \min}^{x \max} \int_{y \min}^{y \max} f(x,y) dx dy \dots\dots\dots(2.1)$$

Software *Surfer* melakukan integrasi sepanjang sumbu x (kolom) untuk mendapatkan luasan pada suatu baris dan kemudian diintegrasikan sepanjang sumbu y (baris) untuk mendapatkan harga volumenya. Perhitungan volume didasarkan pada rata-rata hasil perhitungan tiga metode pendekatan. Masing-masing pendekatan memiliki perbedaan pada koefisien yang digunakan untuk menghitung volume. Berikut rumus umum masing-masing metode tersebut:

1. *Extended Trapezoidal Rule*

Polakoeffisien $\{1, 2, 2, 2, \dots, 2, 2, 1\}$:

$$A_i = \frac{\Delta x}{2} [G_{i,1} + 2G_{i,2} + 2G_{i,3} + \dots 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}] \dots\dots\dots (2.2)$$

$$Vol \approx \frac{\Delta y}{2} [A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \dots 2A_{nCol-1} + A_{nCol}] \dots\dots\dots (2.3)$$

2. *Extended Simpson's Rule*

Polakoeffisien $\{1, 4, 2, 4, 2, 4, 2, \dots, 4, 2, 1\}$:

$$A_i = \frac{\Delta x}{3} [G_{i,1} + 4G_{i,2} + 2G_{i,3} + \dots 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}] \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Vol \approx \frac{\Delta y}{3} [A_1 + 4A_2 + 2A_3 + \dots 2A_{nCol-1} + A_{nCol}] \dots\dots\dots (2.5)$$

3. *Extended Simpson's 3/8 Rule*

Polakoeffisien $\{1, 3, 3, 2, 3, 3, 2, \dots, 3, 3, 2, 1\}$:

$$A_i = \frac{3\Delta x}{8} [G_{i,1} + 3G_{i,2} + 3G_{i,3} + \dots 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}] \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Vol \approx \frac{3\Delta y}{8} [A_1 + 3A_2 + 3A_3 + \dots 2A_{nCol-1} + A_{nCol}] \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana:

Δx adalah jarak kolom grid

Δy adalah jarak baris grid

Gadalah harga titik nodal grid pada baris i dan kolom j

Jumlah grid yang digunakan akan menentukan tingkat akurasi tiap metode. Semakin banyak jumlah grid, maka tingkat akurasinya akan semakin meningkat, dan sebaliknya. Kemudian hasil dari tiap metode dengan jumlah grid yang sama dapat dibandingkan untuk mendapatkan nilai toleransi error dari perhitungan dengan teknik overlay. Bila hasil dari ketiga metode (trapezoid, simpson, dan simpson 3/8) memiliki nilai perbedaan kurang dari 10 %, maka proses overlay telah berlangsung dengan baik. Bila tidak, maka properti *gridding* yang dimasukan sebagai *input* dalam software Surfer perlu diperbaiki tingkat ketelitiannya. Seperti memperbanyak jumlah kotak grid, memperkecil jarak antar sumbu grid, dan sebagainya.

2.2.2. Metode SED-PIT

Metode SED-PIT memanfaatkan konsep “trapping efficiency” sehingga dapat digunakan untuk menghitung sedimentasi pada kanal, trench atau pit untuk aliran, gelombang dan karakteristik sedimen yang diketahui (van Rijn, 2011). Metode ini dapat digunakan guna mengetahui laju sedimentasi suatu kanal dengan metode overlay sebagai basis validasi terhadap volume terukur. Asumsi sketsa kanal pada metode ini sedikit berbeda dibandingkan dengan metode-metode sebelumnya. Dimana sketsa kanal pada metode sebelumnya menggunakan bangun trapesium, metode ini menggunakan bangun persegi (gambar 2.2). Adapun beberapa parameter bentuk yang diperlukan dalam menerapkan metode SED-PIT adalah lebar kanal (m) B; kedalaman di dalam kanal (m) h_1 , kedalaman di luar kanal (m) h_0 ; panjang kanal L. Laju pengendapan *suspended sediment* diekspresikan dalam persamaan berikut:

$$q_{s,0} = c_0 v_0 h_0 \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan : v_0 = kecepatan aliran pasut diluar kanal (m/s), h_0 = kedalaman aliran diluar kanal = $h_{MSL} + \Delta h$, dimanah_{MSL}= kedalaman air terhadap MSL dan Δh =*tidal water level* (m), c_0 = konsentrasi rata-rata (kg/m³). Metode SED-PIT memperhitungkan tiga fraksi sedimen, yaitu lempung, lanau, dan pasir, meskipun

studi kali ini lebih menitikberatkan pada fraksi pasir. Sedimentasi ΔS (kg) per fraksi dihitung sebagai berikut:

$$\Delta S = \left[\left(\frac{b_0}{b_1} \right) q_{s,0} - q_{s,1} \right] e_s \Delta t L \sin \alpha_1 \dots \dots \dots (2.9)$$

dengan:

$q_{s,0}$ = laju pengendapan di luarkanal, ($m^3/m/s$)

$q_{s,1} = (v_1/v_0)^3 q_{s,0}$ = laju pengendapan di dalam kanal, ($m^3/m/s$)

b_0 = lebar *streamtube* di luarkanal, (m)

b_1 = lebar *streamtube* di dalam kanal/, (m)

e_s = *trapping efficiency* sesuai dengan metode van Rijn (2006).

Panjang sedimentasi efektif dihitung sebagai (m):

$$L_{eff} = B / \sin(\alpha_1) \dots \dots \dots (2.10)$$

Vektor kecepatan v_1 (m/s):

$$V_1 = V_0 [(h_0/h_1)(\sin \alpha_1 / \sin \alpha_0)] \dots \dots \dots (2.11)$$

Sudut defleksi α_1 ($^\circ$):

$$\alpha_1 = \tan^{-1}[(h_0/h_1)\tan(\alpha_0)] \dots \dots \dots (2.12)$$

Lebar *streamtube* di kanal/pit (m):

$$b_1 = v_0 h_0 b_0 / u_1 h_1 \dots \dots \dots (2.13)$$

Total massa sedimentasi (ton):

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_{clay} + \Delta S_{silt} + \Delta S_{sand} \dots \dots \dots (2.14)$$

Total volume sedimentasi (m^3):

$$\Delta S_{tot, volume} = \Delta S_{tot} / \rho_{bulk} \dots \dots \dots (2.15)$$

Bulk density (ton/m^3) :

- input value konstant ($0.4 \sim 1.5 \text{ ton/m}^3$), atau dengan ;

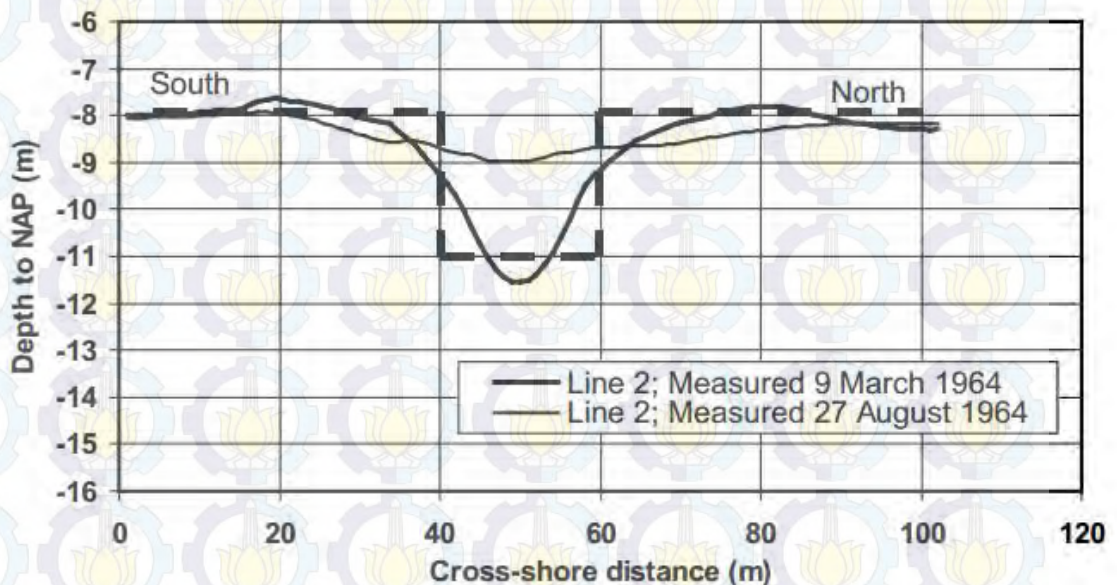
-formula

$$\rho_{\text{bulk}} = (\Delta S_{\text{clay}} / \Delta S_{\text{tot}})(0.415 + 0.43 \times 0.255\gamma) + (\Delta S_{\text{silt}} / \Delta S_{\text{tot}})(1.12 + 0.43 \times 0.09\gamma) + (\Delta S_{\text{sand}} / \Delta S_{\text{tot}})(1.55) \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan :

$$\gamma = [\{(T/(T-1))\ln(T)\} - 1] = \text{faktor konsolidasi} \dots\dots\dots(2.17)$$

(T dalam tahun; $\gamma=0$ untuk $\text{period} < 1$ tahun).



Gambar 2.2 Penampang melintang SED-PIT (persegi dengan garis *dashed*) berbanding profil dasar laut terukur (van Rijn, 2006)

Selain formula-formula didalam metode SED-PIT yang telah dipaparkan diatas, kita perlu mengetahui beberapa batasan metode ini. Dikarenakan metode ini menggunakan 6 blok aliran untuk kondisi pasang dan 6 blok aliran untuk kondisi surut; kita memerlukan data tinggi dan periode gelombang, kecepatan

arus, sudut datang resultan aliran, dan elevasi muka air di tiap kondisi pasut. Mengingat data-data tersebut amat sulit diperoleh untuk jangka waktu pendek (biasanya disediakan dalam bentuk rata-rata untuk jangka waktu perbulan), maka data yang bisa diinputkan sebagai pengganti hanyalah data rata-rata untuk kurun waktu tertentu. Hal ini tentunya akan menurunkan tingkat akurasi metode ini. Selain itu karena asumsi dasar metode ini menggunakan penampang melintang berbentuk persegi, maka panjang maksimum kanal objek studi adalah ± 1 km (van Rijn, 2006).

2.2.3. Transpor sedimen

Sedimen adalah kepingan material hasil diintegrasi batuan dari lapisan kulit/kerak bumi (van Rijn, 1993). Partikel ini memiliki berbagai macam ukuran dari bongkahan batu hingga ukuran mikroskopis, dan juga memiliki berbagai macam bentuk dari berbentuk lingkaran hingga tak beraturan. Mereka juga memiliki *specific gravity* yang bervariasi, akibat mineral penyusunnya yang beragam. Oleh karena itu, peneliti umumnya menggunakan diameter partikel sedimen sebagai tolak ukur universal penentu jenis sedimen yang dikaji, sebagaimana dinyatakan oleh Krumbein (1937) dalam tabel 2.1. Bila sedimen ini terpisah dari gumpalannya, ia dapat berpindah tempat karena pengaruh gaya gravitasi, angin, dengan/atau air. Bila gaya pemindahannya berasal dari aliran air, maka proses transportasi tersebut biasa disebut *marine sediment transport*.

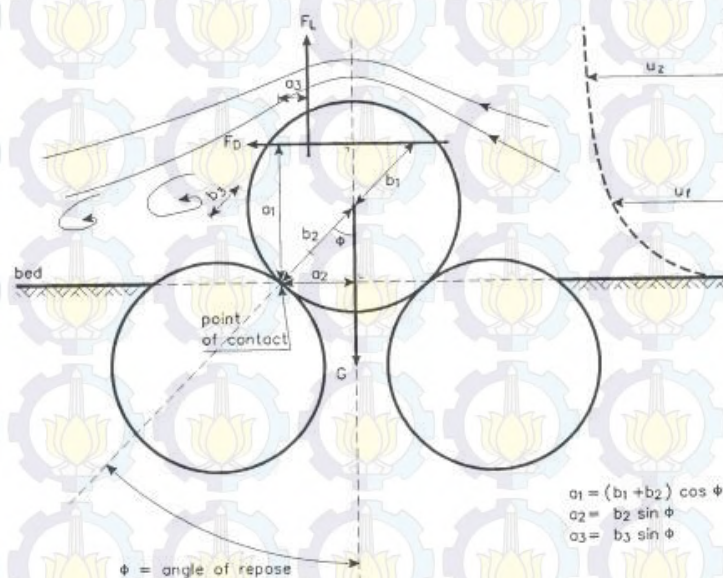
Tabel 2.1 Klasifikasi jenis sedimen berdasarkan Phi Values (Krumbein, 1937)

Class Name	Millimeters	Micrometers	Phi Values
Boulders	> 256		< -8
Cobbles	256 - 64		-8 to -6
Gravel	64 - 2		-6 to -1
Very coarse sand	2.0 - 1.0	2000 - 1000	-1 to 0
Coarse sand	1.0 - 0.50	1000 - 500	0 to +1
Medium sand	0.50 - 0.25	500 - 250	+1 to +2
Fine sand	0.25 - 0.125	250 - 125	+2 to +3
Very fine sand	0.125 - 0.062	125 - 62	+3 to +4
Coarse silt	0.062 - 0.031	62 - 31	+4 to +5
Medium silt	0.031 - 0.016	31 - 16	+5 to +6
Fine silt	0.016 - 0.008	16 - 8	+6 to +7
Very fine silt	0.008 - 0.004	8 - 4	+7 to +8
Coarse clay	0.004 - 0.0020	4 - 2	+8 to +9
Medium clay	0.0020 - 0.0010	2 - 1	+9 to +10
Fine clay	0.0010 - 0.0050	1 - 0.5	+10 to +11
Very fine clay	0.0005 - 0.00024	0.5 - 0.25	+11 to +12
Colloids	< 0.0024	< 0.24	> +12

Ambang batas gerakan transpor sedimen

Sedimen akan bergerak bila nilai kecepatan tegangan dasar yang terjadi melebihi nilai kecepatan tegangan dasar kritis sedimen itu sendiri. Bentuk pergerakan sedimen tersebut dapat berupa berguling (*rolling/sliding*), melompat (*saltating/hopping*), atau melayang (*suspended*). Semakin tinggi nilai kecepatan tegangan geser yang terjadi, maka akan semakin tinggi displasmen yang terjadi (dari *rolling* hingga *suspended*). Umumnya gerakan *rolling* dan *saltating* biasa disebut *bed load transport*, sedangkan untuk *suspended* disebut *suspended load*. Adapun terminologi *wash load* yang biasa dipakai untuk partikel sedimen yang memiliki diameter amat kecil sehingga dapat mengalami moda pergerakan *suspended* selama-lamanya.

Adapun gaya-gaya yang dialami suatu partikel sedimen saat akan bergerak di ilustrasikan oleh gambar 2.3. Komponen gaya tersebut terdiri dari gaya penggerak dan gaya penahan. Gaya penggerak dapat berupa gaya apung (*Lifting Force*) dan gaya drag. Sedangkan untuk gaya penahan berupa gaya berat.



Gambar 2.3 : Gaya-gaya yang bekerja pada butiran sedimen(van Rijn, 1990)

Gaya-gaya tersebut dapat didekati dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$G = (\rho_s - \rho) g \frac{\pi d^3}{6} \dots \dots \dots (2.18)$$

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_D \frac{\pi d^2}{4} (u_r)^2 \quad (2.19)$$

$$F_L = \frac{1}{2} \rho C_L \frac{\pi d^2}{4} (u_r)^2 \quad (2.20)$$

dengan :

G = Gaya berat partikel sedimen (N)

F_D = Gaya drag partikel sedimen (N)

F_L = Gaya angkat partikel sedimen (N)

u_r = Kecepatan Fluida pada pusat partikel (m/s)

C_D = Koefisien drag

C_L = Koefisien angkat

Teori sedimentasi pada alur pelayaran

Sedimentasi pada alur pelayaran umumnya serupa dengan profil sedimentasi pada jalur kerukan untuk pipa bawah laut ataupun bentuk galian lainnya. Umumnya studi sedimentasi pada kanal ini merupakan perpaduan antara model matematis sebagai alat prediksi dan data faktual sebagai acuan atau kondisi batas. Asumsi utama yang biasa dilakukan pada permodelan ini adalah arah aliran tegak lurus terhadap sumbu utama kanal, karena dengan arah tersebut proses sedimentasi yang terjadi cenderung maksimal.

Menurut van Rijn (2006), deposisi pada alur pelayaran disebabkan oleh :

- Pengurangan kapasitas transpor sedimen di alur pelayaran karena velocity yang lebih kecil (pada kanal yang tegak lurus terhadap aliran)
- Efek gravitasi menginduksi gaya kebawah pada partikel bedload, di sisi miring kanal (pada kanal sejajar terhadap aliran)
- Pergeseran tebing dan tepi kanal

Ketika arus melintangi kanal, kecepatan arus berkurang karena bertambahnya kedalaman, sehingga kapasitas sediment transport berkurang. Akibatnya partikel bedload dan sejumlah sedimen suspended terperangkap di kanal. Pengendapan partikel

sedimen merupakan proses dominan pada *downsloping* dan di tengah kanal. Pada kanal bersisi curam dengan pemisahan aliran dan berkaitan dengan ekstra turbulen energi, proses pengendapan dapat dikurangi. Sedangkan proses dominan pada bagian upsloping (hilir) adalah *pick-up* sedimen dari dasar menuju *accelerating flow*, sehingga menaikkan konsentrasi sedimen suspended akibat kembali meningkatnya kecepatan suatu aliran.

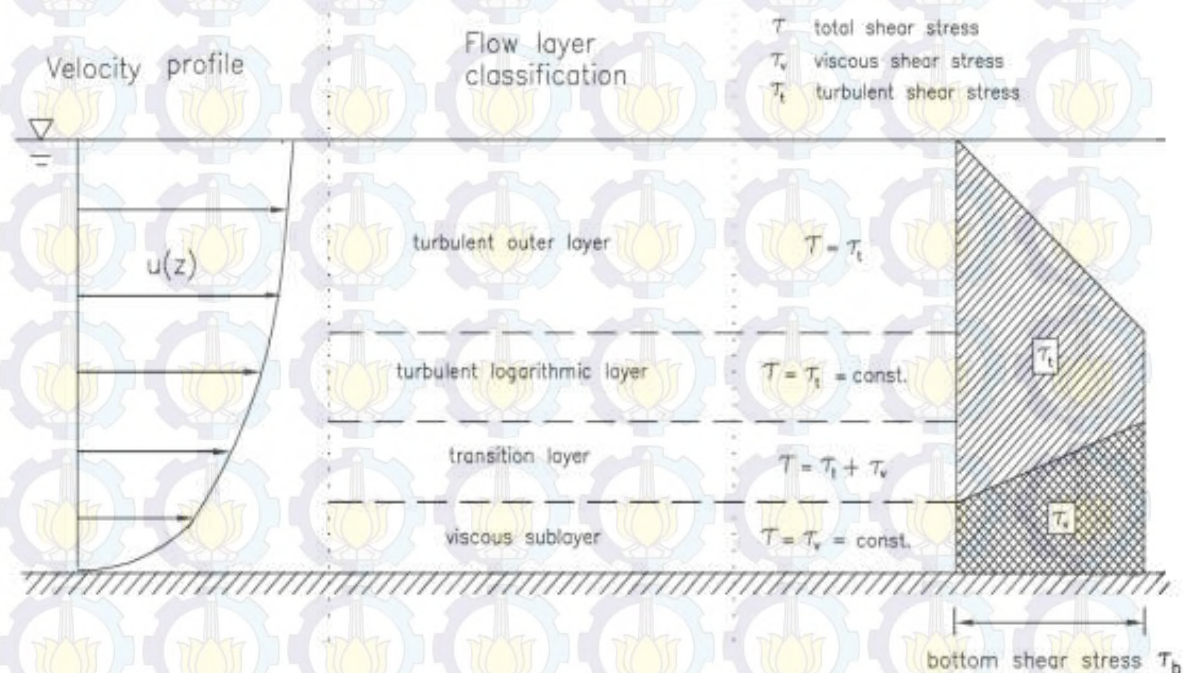
Proses paling relevan pada deposisi kanal yaitu perpindahan partikel sedimen oleh kecepatan aliran vertikal dan horisontal, pencampuran partikel sedimen oleh gerakan turbulen dan orbital, pengendapan partikel sedimen akibat gravitasi dan pengangkatan partikel dari dasar oleh arus dan gelombang. Pengaruh dari gelombang yaitu intensitas pengadukan didekat dasar pada konsentrasi sedimen yang besar, dan arus mempengaruhi transpor sedimen.

2.2.4. Boundary layer

Boundary layer merupakan salah satu konsep penting yang harus diperhatikan dalam studi mengenai transpor sedimen. Didefinisikan sebagai lapisan fluida terluar yang berbatasan langsung dengan bidang permukaan lain. Dimana interaksi antar permukaan fluida dengan permukaan lain (bisa fluida lain atau material pada) akan menimbulkan gesekan yang akan menghasilkan tegangan. *Wave boundary layer* dilain hal merupakan definisi spesifik dari *Boundary layer* yang berada di dekat dasar laut. Tebal lapisan ini umumnya amat tipis, hanya beberapa milimeter diatas dasar padat yang halus atau beberapa centimeter diatas dasar yang berupa pasir lepas (Suntoyo, 2014). Konsep ini nantinya akan mempengaruhi pembentukan tegangan geser dasar (*bed shear stress*) yang menjadi dasar parameter dalam menentukan ambang batas pergerakan suatu sedimen.

Ketebalan *Boundary layer* hingga saat ini belum dapat ditentukan secara pasti, karena tiap peneliti memiliki asumsi dasar mereka sendiri. Namun, secara umum kita dapat membagi *Boundary layer* menjadi empat lapisan yang di ilustrasikan oleh gambar 2.4. Adapun keempat lapisan tersebut adalah sebagai berikut:

- *Viscous sublayer* : merupakan lapisan tipis yang paling dekat dengan dasar laut. Dalam lapisan ini tidak terjadi turbulensi dan jenis alirannya laminar. Karakteristik tegangan geser *viscous* (τ_v) dalam lapisan ini adalah konstan.
- *Transition layer* : lapisan yang berada diatas lapisan *Viscous sublayer*, atau biasa disebut *buffer layer*. Profil viskositas dan turbulensi sama-sama dominan pada lapisan ini, sehingga tegangan geser yang terjadi merupakan tegangan geser perpaduan dari viskositas (τ_v) dan turbulensi (τ_t)
- *Turbulent logarithmic layer* : pada lapisan ini tegangan geser *viscous* telah terurai sedemikian rupa sehingga dapat diabaikan. Berdasarkan pengukuran, tegangan geser turbulen (τ_t) diasumsikan konstan dan sama dengan tegangan geser dasar.
- *Turbulent outer layer* : kecepatan aliran yang terjadi pada lapisan ini hampir konstan karena pengaruh gesekan dasar laut semakin berkurang (lapisan paling dekat dengan permukaan laut). Tegangan geser turbulen (τ_t) yang tersisa dari *turbulent logarithmic layer* akan terus berkurang seiring mendekatnya lapisan ke permukaan laut.



Gambar 2.4 Klasifikasi *Wave boundary layer* (Suntoyo, 2014)

2.2.5. Bed roughness

Bed roughness atau kekasaran dasar (k_s) merupakan koefisien yang menyatakan tingkat kekasaran suatu permukaan material yang dialiri fluida. Konsep pertama kali diperkenalkan Nikuradse (1933) dalam percobaan aliran pipa, dimana tingkat kekasaran suatu pipa mempengaruhi karakteristik rezim aliran fluida dalam pipa tersebut. Rezim aliran fluida tersebut dibagi berdasarkan pengaruh kekasaran elemen dan lapisan *viscous* terhadap distribusi kecepatan di bawah permukaan air pada pipa. Berikut adalah rezim aliran fluida yang dimaksud:

- Aliran Hidrolis Halus

$$\frac{k_s}{\nu/u_{*,c}} = \frac{u_{*,c} k_s}{\nu} \leq 5 \quad (2.6)$$

Adalah rezim dimana pengaruh kekasaran elemen **lebih kecil** dibanding pengaruh lapisan *viscous* terhadap distribusi kecepatan

- Aliran Hidrolis Kasar

$$\frac{k_s}{\nu/u_{*,c}} = \frac{u_{*,c} k_s}{\nu} \geq 70 \quad (2.7)$$

Adalah rezim dimana pengaruh kekasaran elemen **lebih besar** dibanding pengaruh lapisan *viscous* terhadap distribusi kecepatan

- Aliran Hidrolis Transisi

$$5 < \frac{u_{*,c} k_s}{\nu} < 70 \quad (2.8)$$

Adalah rezim dimana pengaruh kekasaran elemen **sama** dibanding pengaruh lapisan *viscous* terhadap distribusi kecepatan

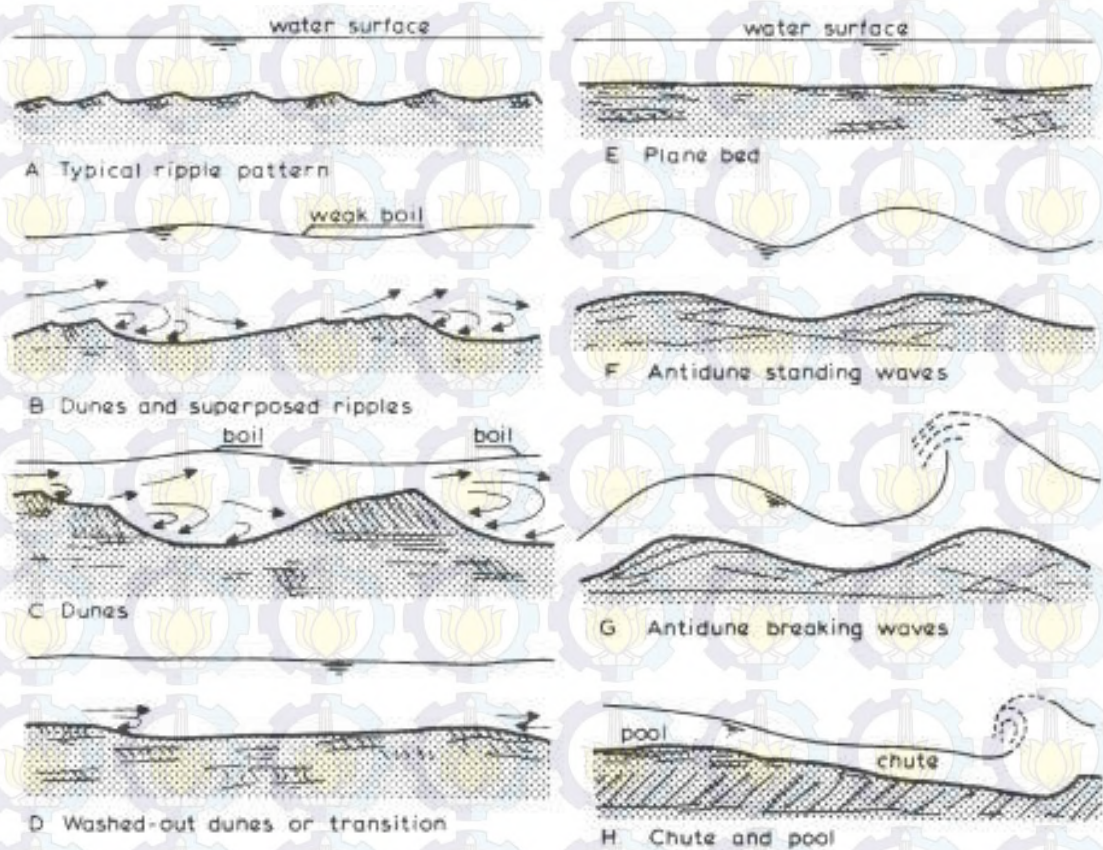
dengan :

k_s = Koefisien kekasarandasarlaut

ν = Koefisien viskositas kinematik (m^2/s)

$u_{*,c}$ = Kecepatangesekkritis(m/s)

Dalam percobaan tersebut dia menyatakan k_s sebagai diameter partikel bola dasar. Namun pada alam, dasar laut tidak lagi disusun oleh partikel bola yang serupa, sehingga bentuk dasar laut menjadi tolak ukur dalam menentukan kekasaran dasar suatu wilayah perairan. Mengingat betapa tidak teraturnya bentuk dasar laut, Simon dan Richardson (1966) mencoba menggolongkannya kedalam beberapa kriteria sebagaimana di ilustrasikan pada gambar 2.5.

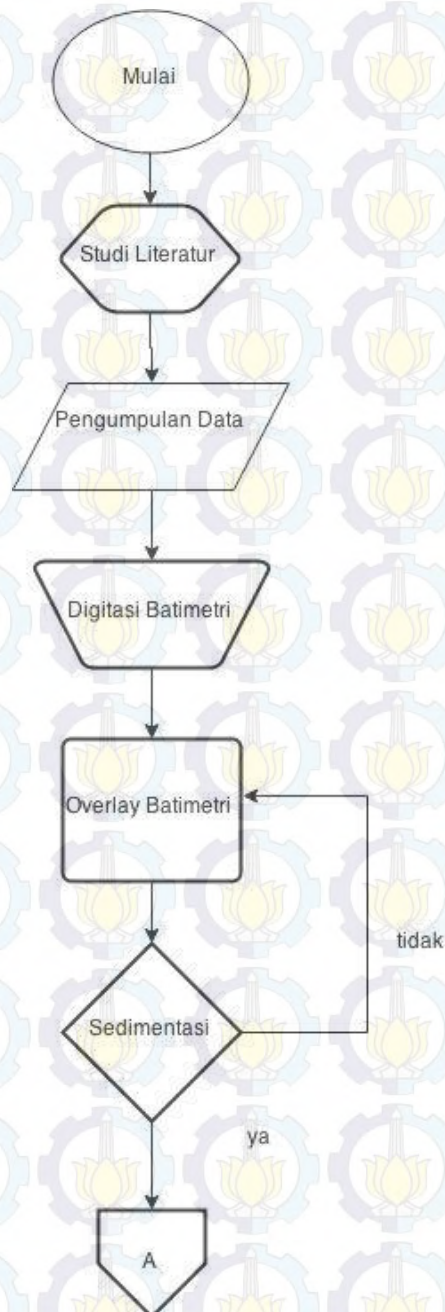


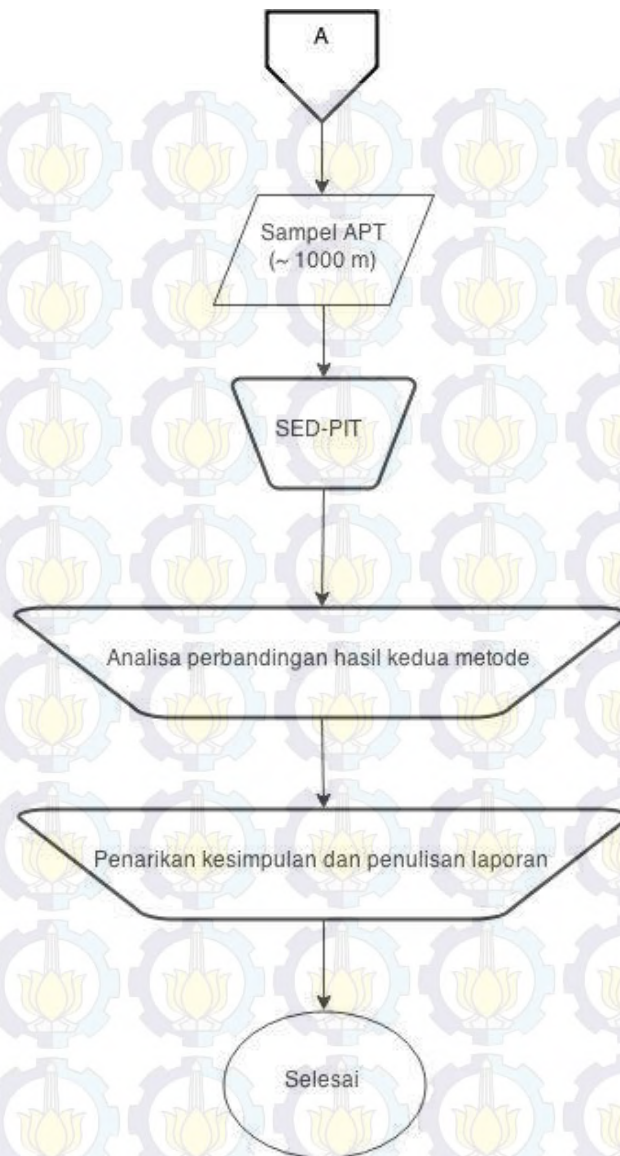
Gambar 2.5: Tipe-tipe *Bed Form*(Simon dan Richardson, 1966)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode penelitian

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini dapat di ekspresikan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) sebagai berikut:





Gambar 3.1 : Flowchart metodologi penelitian (Dokumen Pribadi)

3.2 Prosedur penelitian

Penjelasan langkah-langkah penelitian dalam diagram alir pada gambar 5 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi literatur dengan buku “*Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries, and Coastal Seas*” oleh van Rijn (2006) sebagai refrensi utama. Jurnal-jurnal terbaru dan bahan ajar dari kuliah “Mekanika dan transportasi sedimen” juga dipertimbangkan untuk meningkatkan validitas studi.

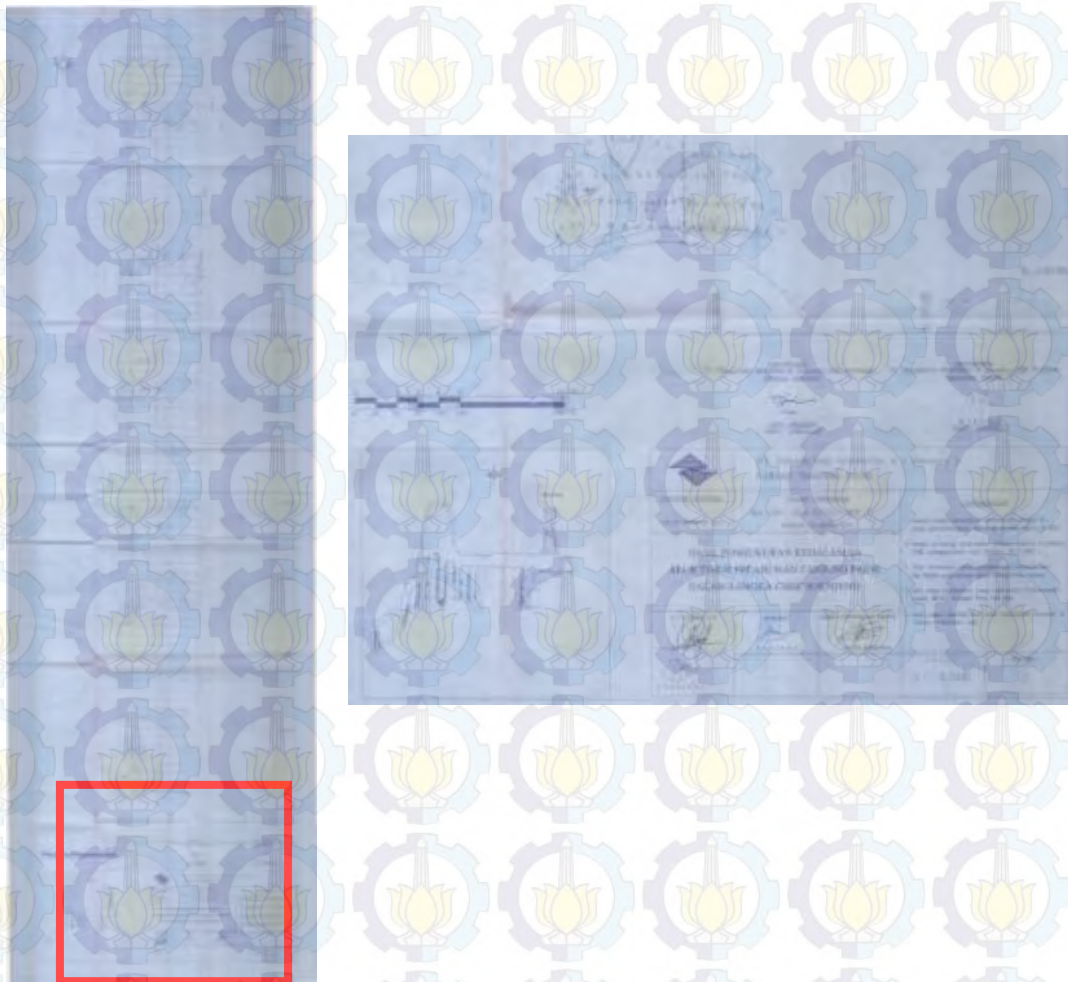
2. Pengumpulan data dari berbagai sumber baik bersifat primer maupun sekunder. Data utama yang diperlukan dalam studi ini adalah: Batimetri (dari kantor Otoritas Pelabuhan Tanjung Priok), pasang-surut (dari buku DISHIDROS), arah dan kecepatan arus, tinggi dan periode gelombang (dari BMKG Maritim Pusat).
3. Proses digitasi peta Batimetri secara manual guna memperoleh file *grid* yang akan digunakan untuk metode *Overlay* dan kedalaman awal untuk metode SED-PIT
4. Proses *Overlay* peta Batimetri per $\pm 1000\text{m}$ untuk tiap segmennya agar mendapatkan tingkat akurasi yang sesuai dengan metode SED-PIT
5. Memilih segmen hasil dan periode waktu yang sesuai dari metode *Overlay* (saat sedimentasi dominan terjadi) guna analisa SED-PIT
6. Menghitung laju dan volume sedimentasi dengan metode SED-PIT
7. Menghitung tingkat akurasi metode SED-PIT dengan volume *Overlay* sebagai acuan
8. Penarikan kesimpulan sesuai rumusan masalah penelitian dan penulisan laporan sesuai format baku jurusan teknik kelautan sebagai syarat kelulusan dan arsip jurusan

BAB IV

PEMBAHASAN METODE OVERLAY

4.1 Pengolahan peta batimetri

Dalam metode ini data utama yang digunakan merupakan hasil scan peta batimetri berformat JPEG. Total peta batimetri yang diperoleh dari kantor Otoritas Pelabuhan Priok berjumlah 7 lembar, dengan interval per 3 bulan. Namun, dalam studi ini peta yang digunakan hanya 4 lembar, karena studi ini dibatasi dengan asumsi “tidak terjadi pengerukan selama periode studi”. Periode peta batimetri yang digunakan adalah bulan Februari, Mei, Agustus, dan Desember tahun 2011. Gambar 4.1 berikut menunjukkan format peta Batimetri Alur Pelayaran Timur (APT) Pelabuhan Tanjung Priok yang digunakan.



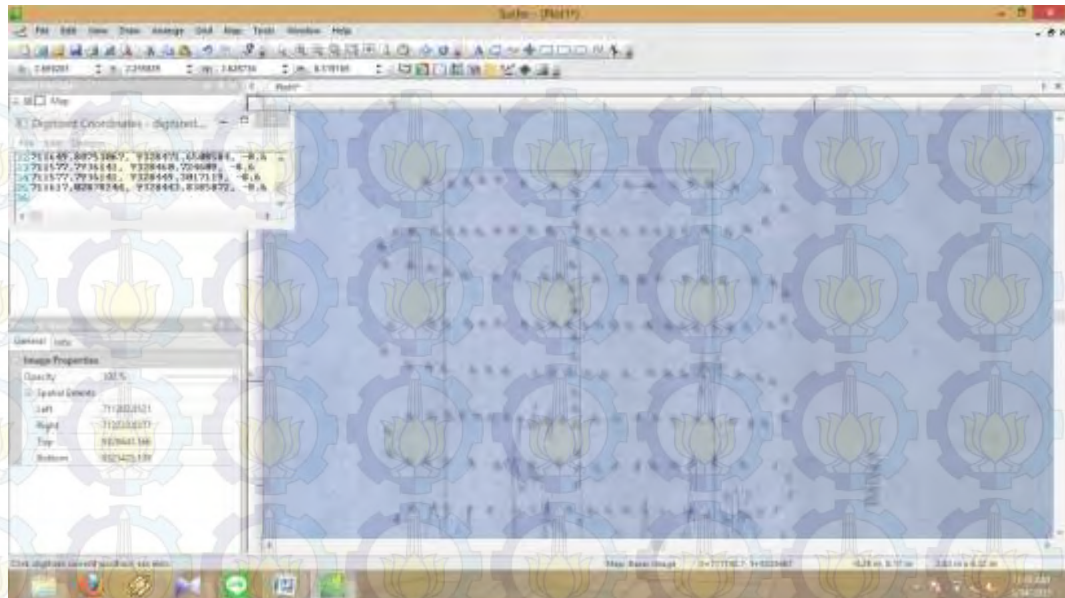
Gambar 4.1 Format peta batimetri yang digunakan dalam studi

Data tersebut kemudian di retifikasi untuk memasukan properti koordinat kedalamnya dan mengubah file tersebut menjadi format GeoTIFF dengan bantuan software global mapper 13. Koordinat acuan yang dipakai sesuai yang tercantum didalam peta tersebut. Semakin banyak titik acuan yang dipakai dalam proses retifikasi, maka semakin akurat titik koordinat yang tercantum dalam file GeoTIFF tersebut. Namun jumlah titik tersebut juga meningkat besar file output hasil retifikasi dan proses *rendering* file itu sendiri (± 28 jam untuk 10 titik). Sehingga 4 titik dipakai untuk tiap peta dengan lama waktu proses dan ukuran file ouput sebagai pertimbangan utama. Gambar 4.2 berikut menggambarkan tampilan software global mapper 13 dalam proses retifikasi.



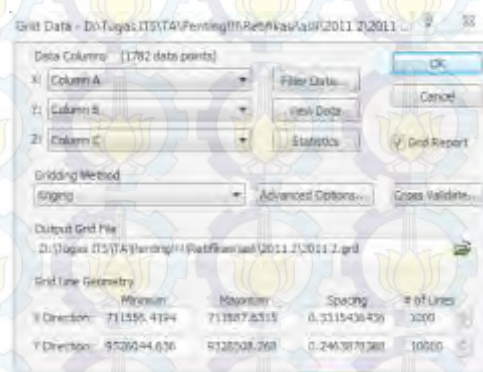
Gambar 4.2 Tampilan proses retifikasi dalam software Global Mapper 13

Tahap selanjutnya adalah memasukan koordinat xyz per titik survey (digitasi) secara manual dengan bantuan software Surfer 10. Tiap titik survey tersebut di klik untuk mendapatkan koordinat x,y nya lalu koordinat z untuk titik tersebut diketik sesuai dengan nilai yang tercantum dalam peta batimetri. Output proses digitasi tersebut merupakan file berformat bln. Gambar 4.3 menunjukan tampilan proses digitasi pada software Surfer.



Gambar 4.3 Tampilan proses digitasi dalam software surfer 10

Output hasil proses digitasi tiap peta batimetri (berformat .bln) kemudian akan dijadikan input dalam proses gridding yang bertujuan menghasilkan file berformat .grid. File dengan format tersebut akan menjadi file input universal untuk menghasilkan gambar batimetri hasil interpretasi digital dan proses-proses lebih lanjut (*overlay*, menghitung volume, menggambar *cross-section*, dan lain-lain). Metode yang digunakan dalam proses ini adalah metode *kriging*, karena metode tersebut adalah metode yang paling sesuai untuk merepresentasikan kondisi alam kontur batimetri lautan. Gambar 4.4 merupakan properti utama proses gridding untuk semua peta batimetri. Properti tersebut harus diupayakan untuk sama, agar tingkat keakuratan peta batimetri hasil proses digitasi sama untuk setiap peta, sehingga meningkatkan tingkat validitas hasil metode *overlay* dalam menentukan volume sedimentasi.



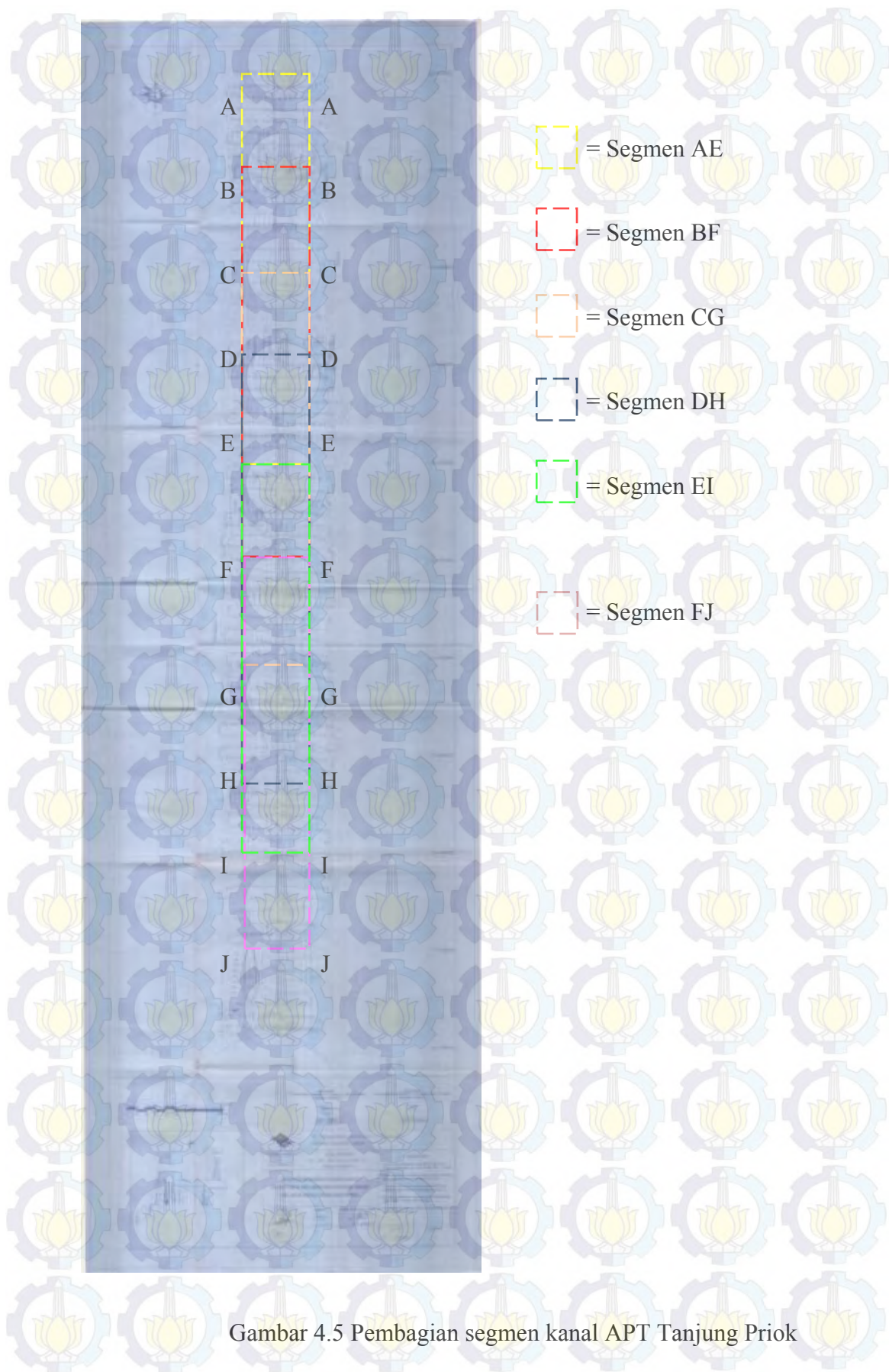
Gambar 4.4 Properti utama proses gridding hasil digitasi peta batimetri

4.2 Segmentasi kanal dan proses *blanking*

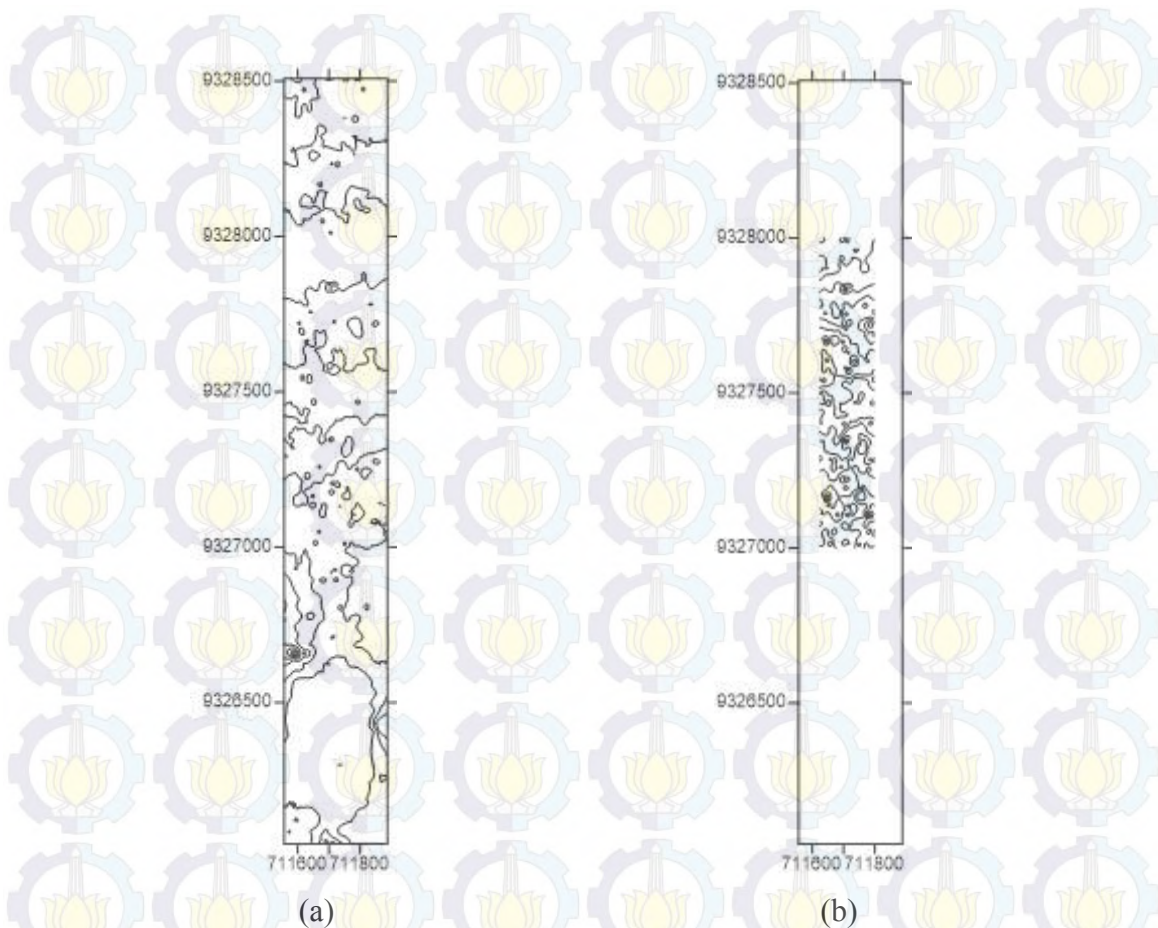
Segmentasi kanal bertujuan untuk memberikan acuan kepada kedua metode yang akan digunakan dalam studi ini (*Overlay* dan SED-PIT). Karena metode SED-PIT memiliki beberapa kondisi batas, seperti panjang kanal yang dikaji maksimal 1.5 km (van Rijn, 2006). Segmentasi untuk kanal sepanjang $\pm 2,5$ km ini dilakukan dengan menggunakan koordinat x (711.600 dan 711.800) sebagai acuan sehingga terbentuk segmen dengan bentuk **persegi panjang** dimulai dari koordinat y 9.328.500 dengan pengurangan koordinat y sebesar 250 ditiap segmennya (1 km untuk tiap segmennya). Pembagian segmen dilakukan sedemikian rupa agar mendapatkan hasil *overlay* yang valid di sepanjang kanal yang cukup akurat. Gambar 4.5 kemudian akan memvisualisasikan konsep pembagian segmen pada peta batimetri APT Tanjung Priok.

Setelah dimensi serta jumlah segmen kanal telah ditentukan, peta batimetri tersebut dibagi secara digital dengan metode *blanking*. Metode ini bertujuan untuk mencuplik bagian kanal yang terdapat dalam kondisi batas yang telah ditentukan. Dengan begitu, segmen-segmen kanal yang telah ditentukan dapat ditumpang-tindihkan (*overlaying*) dengan presisi sesuai dengan kondisi batas yang telah ditentukan untuk tiap periode peta batimetri. Dengan total empat peta batimetri yang digunakan, maka periode yang akan di *overlay* adalah peta bulan Mei kepada Februari, bulan Agustus kepada Mei, dan bulan Desember kepada Agustus. Gambar 4.6 menunjukkan hasil proses *blanking* dari peta batimetri APT Tanjung Priok

Output dari proses *blanking* tersebut kemudian akan di *overlay*-kan dengan peta batimetri yang memiliki segmen yang sama untuk periode yang berbeda. Konsep *Cut and Fill* akan menjadi konsep penting dalam proses *overlay* tersebut. Dimana konsep itu akan menentukan luasan kurva yang membedakan proses sedimentasi dan erosi yang kemudian di integralkan untuk menemukan volume proses tersebut. Dengan rangkaian prosedur ini diharapkan tingkat akurasi perhitungan volume sedimen hasil metode *overlay* ini akan cukup tinggi.



Gambar 4.5 Pembagian segmen kanal APT Tanjung Priok



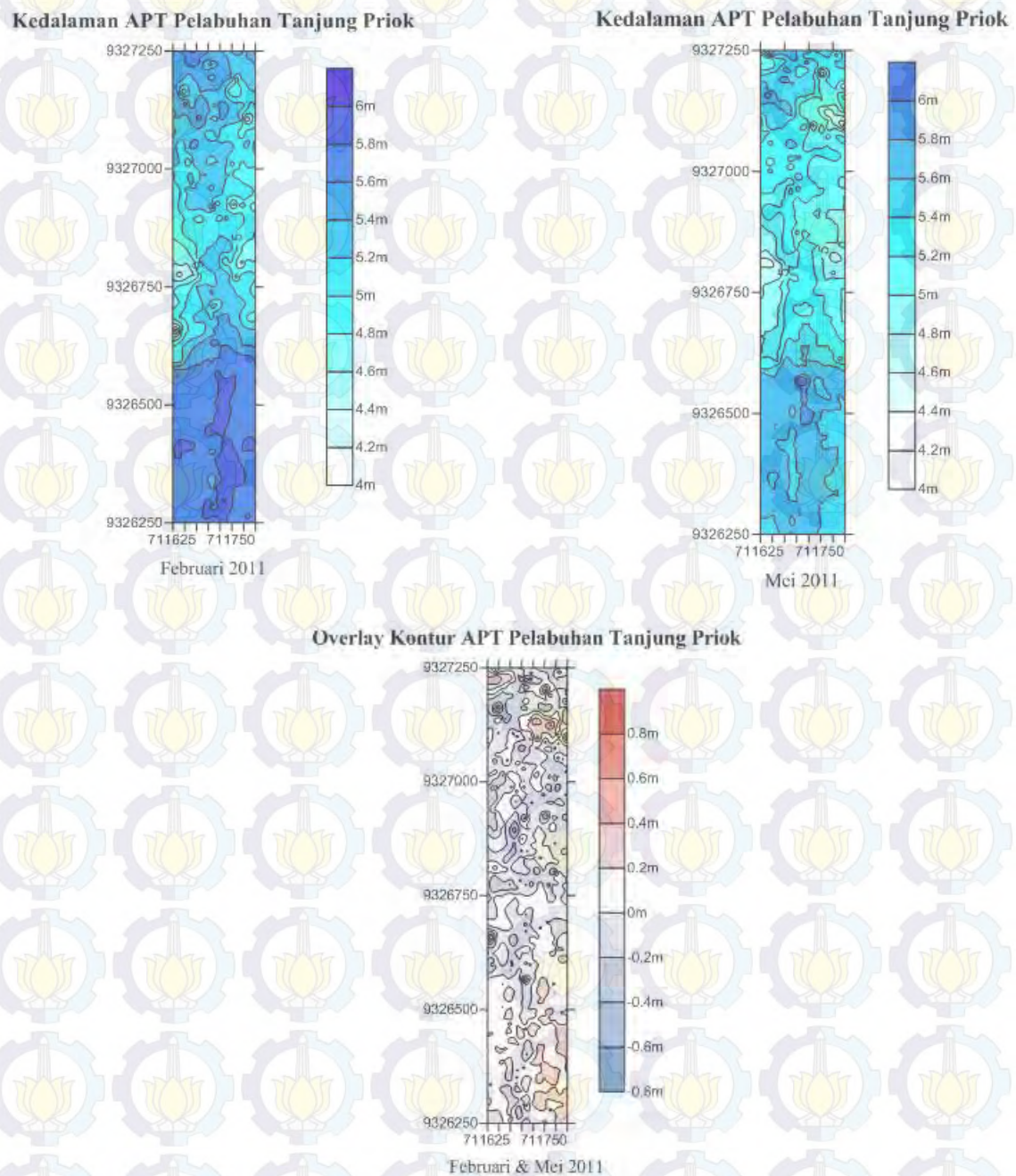
Gambar 4.6 Proses *blanking* peta batimetri APT Tanjung Priok

((a) batimetri APT Tanjung Priok keseluruhan, (b) hasil *blanking* dengan kondisi batas sumbu y 9327000-9328000)

4.3 Overlay peta batimetri

Proses *overlay* peta Batimetri bertujuan untuk mengetahui perubahan volume pada tiap segmen peta batimetri untuk tiap periode studi (Februari-Mei, Mei-Agustus, dan Agustus-Desember). Dengan menggunakan metode integral numeris (Trapezoid dan Simpson) dan konsep *Cut and Fill*, software Surfer 10 akan menghitung perubahan volume yang terjadi diantara dua peta batimetri yang disandingkan. Peta batimetri kondisi terbaru sebagai fungsi kurva atas, dan peta batimetri yang telah berlalu sebagai fungsi kurva bawah. Peristiwa sedimentasi terjadi saat kurva bawah berada di bawah kurva atas dan sebaliknya. Hanya segmen dan periode studi yang mengalami proses sedimentasi sebagai proses dominan yang akan di proses lebih lanjut dalam metode SED-PIT.

Segmen-segmen tersebut akan memiliki dimensi nyata $\pm 1000 \times 175$ m, hal ini tidak dapat dipastikan secara presisi karena tingkat keakuratan dari skala garis cukup rendah dalam pengolahan grafis. Gambar 4.7 akan menunjukkan peta batimetri hasil olahan output proses digitasi dan hasil *overlay* untuk segmen FJ periode Februari-Mei. Sedangkan tabel 4.1 akan merangkum hasil *overlay* peta batimetri periode Februari-Mei untuk setiap segmen.



Gambar 4.7 Peta hasil olahan digital *overlay* segmen FJ periode Februari-Mei

Tabel 4.1 Pembagian Segmen APT Tanjung Priok
(periode Februari-Mei 2011)

Segmen	X	Y	Volume Deformasi	
	[m]	[m]	Sedimentasi	Erosi
A	711.625	9.328.500	7.570 m ³	10.205 m ³
E	711.800	9.327.500		
B	711.625	9.328.250	6.235 m ³	12.345 m ³
F	711.800	9.327.250		
C	711.625	9.328.000	7.320 m ³	12.022 m ³
G	711.800	9.327.000		
D	711.625	9.327.750	6.750 m ³	13.579 m ³
H	711.800	9.326.750		
E	711.625	9.327.500	6.607 m ³	12.426 m ³
I	711.800	9.326.500		
F	711.625	9.327.250	11.074 m ³	8.720 m ³
J	711.800	9.326.250		

Dalam table tersebut, terlihat bahwa untuk periode Februari-Mei hanya segmen FJ yang mengalami proses sedimentasi sebagai proses yang dominan. Sehingga hanya segmen tersebut dalam periode ini yang akan diproses lebih lanjut dalam metode SED-PIT. Adapun rangkuman hasil *overlay* peta batimetri APT Tanjung Priok untuk setiap segmen dan periode, ditulis dalam tabel 4.2. Angka positif menunjukkan proses sedimen dominan dan angka negatif menunjukkan erosi

Tabel 4.2 Rangkuman hasil *overlay* seluruh segmen dan periode peta

Segmen	Perubahan Volume Sedimen Net (m ³)		
	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des
AE	-2636.99	1111.28	1062.10
BF	-6111.73	4691.59	5375.95
CG	-4703.09	3537.75	13156.29
DH	-6829.19	5391.91	17626.98
EI	-5819.26	5258.33	37465.45
FJ	2354.12	-1849.79	72252.17

BAB V

PEMBAHASAN METODE SED-PIT DAN ANALISA HASIL KEDUA METODE

5.1 Lokasi dan periode studi

Mengingat metode SED-PIT hanya dapat digunakan untuk memprediksi laju sedimentasi kanal, maka segmen dan periode peta batimetri yang digunakan untuk metode SED-PIT adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1 Segmen dan periode studi metode SED-PIT

Segmen	Volume Sedimen Net Metode Overlay (m ³)		
	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des
AE		1111.28	1062.10
BF		4691.59	5375.95
CG		3537.75	13156.29
DH		5391.91	17626.98
EI		5258.33	37465.45
FJ	2354.12		72252.17

Pada periode Feb-Mei hanya segmen FJ yang dikaji, sebaliknya pada periode Mei-Aug hanya segmen FJ yang tidak dihitung. Untuk periode Aug-Des seluruh segmen dikaji. Data volume hasil metode *Overlay* diatas akan digunakan sebagai tolak ukur keakuratan metode SED-PIT dalam memprediksi volume sedimentasi. Dimana volume sedimentasi tersebut merupakan hasil perkalian laju sedimentasi terhitung dalam metode SED-PIT (bersifat linier).

5.2 Variabel terikat metode SED-PIT

Variabel-variabel yang digunakan sebagai *input* dalam metode SED-PIT antara lain adalah: kedalaman di dalam dan luar kanal, data profil sedimen, data gelombang, arus dan pasang-suru (pasut), dan data geometri kanal. Asumsi metode SED-PIT yang perlu diperhatikan adalah geometri *cross-section* kanal selalu berbentuk trapesium ideal. Oleh karena itu dalam kategori geometri, metode SED-PIT hanya memerlukan parameter kedalaman rata-rata dalam dan luar kanal (h_o, h_1), lebar kanal (B), serta panjang kanal (L). Data kedalaman di

dalam dan luar kanal didapatkan melalui hasil digitasi peta batimetri dalam metode *Overlay*. Setelah berbentuk file grid, data koordinat (z) di *extract* lalu di rata-ratakan untuk bagian dalam dan luar kanal. Bagian dalam dalam kanal dibatasi oleh koordinat lintang dalam UTM, 711600-711800 dan bagian yang tergolong ‘luar kanal’ berada diluar koordinat lintang tersebut. Sehingga didapatkan data kedalaman rata-rata sebagaimana tercantum dalam tabel 5.2. Untuk dimensi lebar kanal dan panjang tiap segmen menggunakan skala garis yang terdapat dalam peta. Sehingga didapatkan panjang tiap segmen 1010 m dan lebar kanal 174.3 m. Studi ini menggunakan program excel sederhana yang disertakan dalam buku ‘*Principles of Fluid Flow and Surface Wave in Rivers, Estuaries, Seas, and Ocean*’ oleh van Rijn (2011).

Tabel 5.2 Kedalaman rata-rata di dalam dan luar kanal hasil digitasi

Segmen	Kedalaman di Dalam Kanal (m)			Kedalaman di Luar Kanal (m)		
	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des
AE		7,3	7,33		7,2	7,25
BF		6,68	6,62		6,56	6,5
CG		6,05	5,9		6	5,82
DH		5,65	5,59		5,5	5,46
EI		5,44	5,35		5,3	5,26
FJ	5,27		5,24	5,21		5,18

Sedangkan untuk data profil sedimen, gelombang dan pasang-surut, metode SED-PIT memiliki berbagai macam parameter input yang dapat divariasikan. Beberapa konsep yang perlu diperhatikan adalah kecepatan arus yang dimasukan, merupakan kecepatan rata-rata terhadap fungsi kedalaman. Tinggi dan periode gelombang yang dimasukan merupakan properti gelombang signifikan. Sedangkan untuk data pasut, tersedia 12 blok pasut yang dapat di variasikan. Yaitu 6 blok untuk pasang dan 6 blok untuk surut. Untuk setiap blok pasang dan surut kita dapat memvariasikan elevasi muka air rata-rata (MSL), sudut data resultan arus dan gelombang, dan data-data input lainnya. Namun karena keterbatasan data yang ada, maka digunakan metode pendekatan berdasarkan kombinasi data hasil analisa

sedimentasi oleh Bundgard dan Rene (2006), buku pasang dan surut DISHIDROS (2011), serta data grid digital stasiun maritim BMKG Pusat (hasil permohonan data terhadap instansi terkait).

Tabel 5.3 Profil sedimen untuk metode SED-PIT

Profil Sedimen	
Tipe pasir	Coarse.sand
d50s (m)	0,00075
d90s (m)	0,001
c silt (kg/m3)	0,01
c clay (kg/m3)	0,01

Data pada tabel 5.3 merupakan pendekatan dari deskripsi studi Bundgard dan Rene (2006) dalam deskripsi mereka mengenai jenis dan distribusi diameter sedimen di pelabuhan Tanjung Priok. Mereka menyatakan bahwa sedimen di Tanjung Priok tergolong *Coarse Sand* dengan komposisi 90% pasir. Dengan mendekatkan pernyataan tersebut dengan tabel yang dinyatakan Krumbein (1937) diameter butiran berdasarkan jenis sedimen. Nilai 0.00075 m pada diameter median merupakan nilai tengah dari rentang diameter sedimen yang terkategori *coarse sand*. Mengingat definisi d50 adalah diameter dimana 50% dari massa partikel tersortir telah terlampaui, maka nilai tengah dari table Krumbein (1937) cukup dapat mewakili nilai diameter untuk jenis sedimen *coarse sand*. Sedangkan nilai d90 sebagai representasi nilai diameter terbesar pada jenis sedimen ini menggunakan nilai maksimal pada tabel Krumbein (1937) yaitu 0.001 m.

Tabel 5.4 Data gelombang dan arus perolehan stasiun priok, BMKG pusat

Data Lingkungan untuk koordinat 107 BT ; 6 LS						
Bulan	Current Dir (TN)	Current Speed (cm/s)	Wave Dir (TN)	Periode (s)	Wave Height 1/10 (m)	Sig. Wave Height (m)
Februari	143.38	1.25438	3.02	6.21429	0.7945	1.04462037
Mei	160.22	1.28295	89.52	5.59102	0.59005	0.775806481
Agustus	178.69	15.66932	88.69	5.43726	1.01036	1.328436296
Desember	182.76	3.982	0.89	6.676	0.9	1.183333333

Tabel 5.5 Data pasut olahan dari buku pasut Dishidros untuk Tanjung Priok
(Dishidros, 2011)

Bulan	Blok Pasut	Elevasi Muka Air Terhadap MSL (m)		Durasi Aliran (jam)	
		Pasang	Surut	Pasang	Surut
Februari	1	-0.050001667	-0.161538462	8	13
	2	-0.0275	-0.241666667	13	12
	3	-0.016071429	-0.207692308	11	13
	4	-0.00625	-0.211111111	12	9
	5	-0.057722222	-0.244444444	16	9
	6	-0.053335	-0.288888889	16	9
Mei	1	0.042105263	-0.154545455	12	11
	2	0.029166667	-0.191666667	14	12
	3	-0.04	-0.138461538	10	13
	4	-0.027272727	-0.166666667	11	15
	5	0.042857143	-0.042307692	7	15
	6	0.01	-0.065	10	10
Agustus	1	-0.046666667	-0.15	15	10
	2	-0.026666667	-0.157142857	15	10
	3	0.042857143	-0.14375	15	10
	4	0.007142857	-0.096428571	14	9
	5	-0.033333333	-0.067857143	15	9
	6	-0.06	-0.0625	15	10

Tabel 5.4 merupakan ringkasan dari data grid milik stasiun priok, BMKG Pusat. Data yang diberikan merupakan data rata-rata tiap bulan untuk tahun 2011 dengan lintang dan bujur yang telah ditentukan. Lintang dan bujur tersebut memiliki selisih yang konstan (0.5°) untuk tiap data yang dikandung. Koordinat 107 BT dan 6 LS merupakan koordinat terdekat dari lokasi studi APT Tanjung Priok (106.9-106.9167 BT dan 5-5.7 LS). Tabel 5.5 merupakan hasil pengolahan data pasut untuk bulan Februari, Mei dan Agustus dari buku pasut Dishidros (2011).

5.3 Hasil analisa sedimentasi dengan metode SED-PIT

Output dari metode SED-PIT merupakan laju pertambahan volume sedimen sesuai dengan lama aliran pasut yang dimasukan. Metode ini kemudian mengolah hal tersebut menjadi laju sedimentasi pertahun dengan mengalikannya dengan faktor perbandingan periode tersebut terhadap satu tahun. Sebagai contoh, bila kita masukan durasi aliran total untuk 12 blok pasut selama 720 jam, maka kita akan mendapatkan laju sedimentasi untuk 30 hari. SED-PIT kemudian mengalikannya dengan faktor perbandingan 30 hari terhadap 1 tahun (30 hari adalah 1/12 tahun, maka dikali 12), sehingga perhitungan ini tergolong linier.

Selain laju sedimentasi, SED-PIT juga dapat menghasilkan beberapa *output* lain. Diantaranya: ketebalan lapisan sedimen, lama tahun yang dibutuhkan untuk mengendapkan kanal seluruhnya, dan laju sedimentasi terhadap volume kanal keseluruhan. Mengingat batasan masalah dari studi ini, data gelombang dan arus yang digunakan untuk seluruh blok pasut pada periode yang ditentukan diasumsikan konstan. Tabel 5.5 menyajikan rangkuman hasil prediksi laju sedimentasi APT Tanjung Priok dengan metode SED-PIT.

Tabel 5.6 Hasil prediksi sedimentasi APT Tanjung Priok metode SED-PIT

Segmen	Laju Sedimentasi (m ³ /tahun)			Volume Sedimen (m ³)		
	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des
AE		4784,60	3504,62		1196,15	1168,21
BF		20725,94	14144,54		5181,48	4714,85
CG		15851,04	44991,79		3962,76	14997,26
DH		24760,01	61024,42		6190,00	20341,47
EI		17531,15	132745,29		4382,79	44248,43
FJ	9952,30		200635,39	2488,07		66878,46

5.4 Analisa hasil kedua metode

Kedua metode perhitungan volume sedimentasi APT Tanjung Priok telah dipaparkan. Metode *Overlay* memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi, karena metode ini memanfaatkan peta batimetri hasil survey rutin APT Tanjung Priok. Namun metode ini kurang efisien dalam memprediksi laju sedimentasi suatu kanal.. Biaya untuk sewa kapal beserta kru dan tenaga professional untuk

menginterpretasi hasil survey menjadi peta batimetri, waktu yang diperlukan untuk survey tersebut, kegiatan kepelabuhanan yang terganggu karena adanya survey tersebut perlu dipertimbangkan. Sehingga metode ini kurang cocok untuk dipakai dalam memprediksi laju sedimentasi suatu kanal bila kita membutuhkan suatu analisa yang cepat dan akurat dengan data dan dana yang terbatas.

Dilain sisi, metode SED-PIT menawarkan kepraktisan dan dana yang lebih bersahabat. Dengan menggunakan data umum yang tersaji dalam suatu pelabuhan, kita dapat menghasilkan suatu prediksi laju sedimentasi secara saintifik dan cepat. Metode ini cocok untuk digunakan dalam prediksi awal suatu rencana awal pengerukan atau rencana lain yang berkaitan dengan perubahan dimensi suatu kanal. Mengingat asumsi *cross-section* metode ini yang berbentuk trapezium, kita tentu tidak dapat mengharapkan tingkat ketelitian yang tinggi dari metode ini. Oleh karena itu, kita tetap perlu menganalisa lebih lanjut laju sedimentasi suatu kanal tersebut bila proyek terkait telah lanjut ke tahap yang lebih detail/praktis.

Tabel 5.7 dan 5.8 menunjukkan perbandingan hasil antara metode *Overlay* dan metode SED-PIT, baik untuk volume sedimentasi maupun laju sedimentasi. Dapat kita perhatikan dalam tabel tersebut, bahwa error untuk kedua properti tersebut sama. Hal ini dikarenakan sifat metode SED-PIT yang bersifat linear dan pendekatan perhitungan laju volume dengan metode *Overlay*. Oleh karena itu, dalam hal perhitungan laju sedimentasi untuk kurun waktu pendek, tidak disarankan menggunakan kedua metode ini, karena proses sedimentasi dan erosi terjadi dalam jangka waktu tertentu. Proses tersebut tidak bersifat linear, sehingga perhitungan volume sedimentasi dalam kurun waktu satu tahun akan berbeda dengan perhitungan volume sedimentasi dalam kurun waktu 1 bulan (tidak bisa hanya dengan dibagi dua belas).

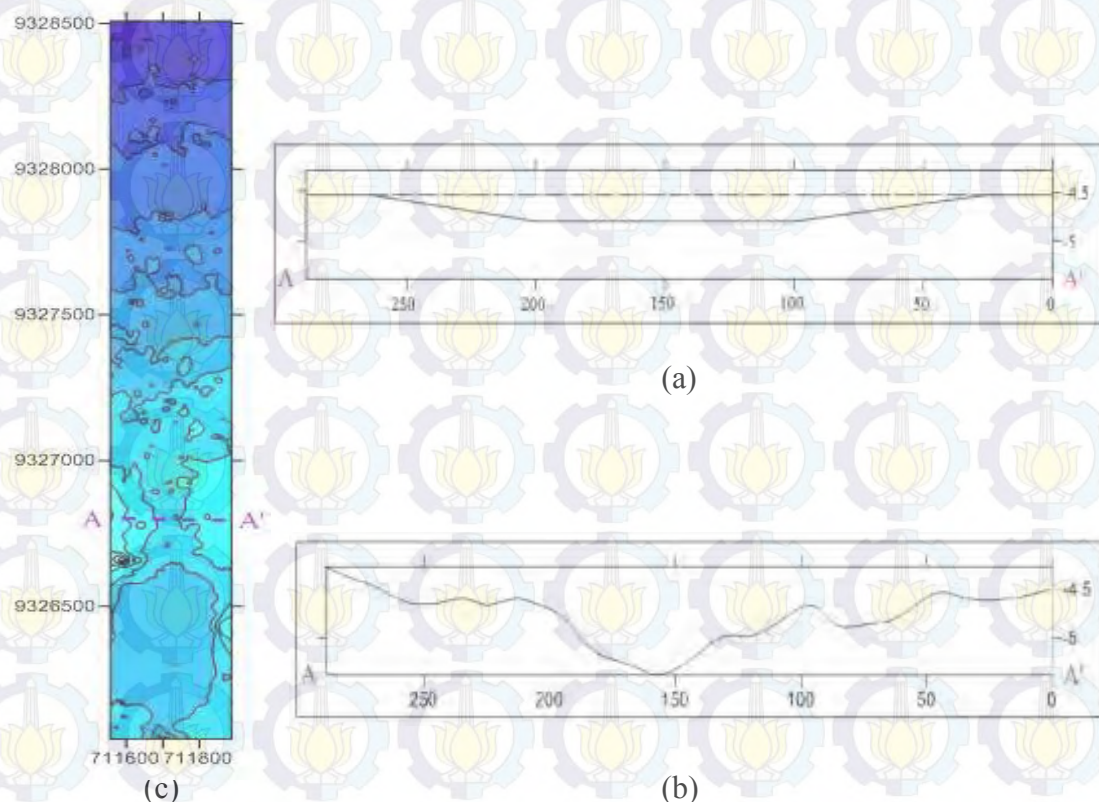
Tabel 5.7 Perbandingan hasil volume sedimen kedua metode dan error hasil metode SED-PIT terhadap metode *Overlay*

Segmen	Volume Sedimentasi <i>Overlay</i> (m ³)			Volume Sedimentasi SED-PIT (m ³)			Error (%)		
	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des
AE		1111,28	1062,10		1196,15	1168,21		7,64	9,99
BF		4691,59	5375,95		5181,48	4714,85		10,44	12,30
CG		3537,75	13156,29		3962,76	14997,26		12,01	13,99
DH		5391,91	17626,98		6190,00	20341,47		14,80	15,40
EI		5258,33	37465,45		4382,79	44248,23		16,65	18,10
FJ	2354,12		72252,17	2488,07		66878,46	5,69		7,44

Tabel 5.8 Perbandingan hasil laju sedimentasi kedua metode dan error hasil metode SED-PIT terhadap metode *Overlay*

Segmen	Laju Sedimentasi <i>Overlay</i> (m ³ /tahun)			Laju Sedimentasi SED-PIT (m ³ /tahun)			Error (%)		
	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des	Feb-Mei	Mei-Aug	Aug-Des
AE		4445,11	3186,30		4784,60	3504,62		7,64	9,99
BF		18766,37	16127,84		20725,94	14144,54		10,44	12,30
CG		14151,00	39468,87		15851,04	44991,79		12,01	13,99
DH		21567,65	52880,94		24760,01	61024,42		14,80	15,40
EI		21033,34	112396,35		17531,15	132745,29		16,65	18,10
FJ	9416,48		216756,52	9952,30		200635,39	5,69		7,44

Selain sifat kedua metode yang tergolong linear, dapat kita perhatikan dalam tabel tersebut, besar nilai error yang terjadi cukup bervariasi antara 5- 20%. Tingkat akurasi tersebut kurang memuaskan untuk sebuah metode perkiraan perubahan morfologi. Hal ini dapat dikarenakan beberapa hal yang berasal dari dalam dan luar metode SED-PIT itu sendiri. Dari sisi luar, kita perlu memperhatikan data *input* yang amat terbatas dalam studi ini. Diantaranya : kedalaman dalam dan luar kanal, diameter sedimen, kecepatan endap sedimen, jenis sedimen dan persentasenya, kecepatan arus, tinggi dan periode gelombang, serta sudut datang aliran. Hal-hal tersebut merupakan *input* yang amat menentukan hasil SED-PIT terutama untuk properti sudut datang aliran. Dari sisi dalam metode SED-PIT, kita perlu mengkaji ulang asumsi-asumsi yang digunakan dalam metode ini.



Gambar 5.1 Perbandingan *cross-section* asumsi metode SED-PIT dengan hasil digitasi

((a) asumsi SED-PIT, (b) hasil digitasi, (c) batimetri referensi)

Pada studi kali ini, kedalaman di dalam dan luar kanal berasal dari hasil digitasi gambar digital peta batimetri APT Tanjung Priok dengan software Surfer 10. Tanpa spesifikasi resmi dari pihak pelabuhan, penulis mengasumsikan lebar alur pelayaran timur berdasarkan koordinat lintang pelabuhan (711600-711800) yang selalu berada didalam alur kapal survey batimetri, memiliki kedalaman yang lebih diantara lokasi di sekitarnya, dan tidak pernah terhalang objek apapun. Gambar 5.1 menunjukkan perbandingan antara *cross-section* keadaan *real* hasil digitasi peta batimetri dan *cross-section* asumsi metode SED-PIT. Dapat kita lihat dalam gambar tersebut, terdapat perbedaan yang amat signifikan dalam profil luas bidang asumsi metode SED-PIT dengan keadaan *real* (lebih lengkapnya dapat dilihat di lampiran). Ditambah lagi, bidang tersebut akan diintergralkan terhadap panjang kanal yang diilustrasikan dalam gambar 5.2. Sehingga, kita tidak dapat mengharapkan akurasi yang amat presisi dari metode SED-PIT ini.

Sebagai contoh, apabila kita mengambil segmen AE dan FJ (segmen yang mengalami sedimentasi terkecil dan terbesar), lalu kita bagi dalam sepuluh bagian guna menganalisisnya lebih lanjut, kita dapat lebih meningkatkan akurasi metode SED-PIT. Karena semakin panjang segmen yang dikaji, maka semakin tinggi tingkat error metode SED-PIT akibat perbandingan perubahan *cross-section real* yang terus berubah pada tiap meternya dengan *cross-section* asumsi metode SED-PIT yang merupakan trapesium sempurna. Sehingga dengan memperpendek jarak antar segmen, kita akan mendapatkan gambaran yang lebih realistis terhadap tingkat akurasi metode SED-PIT. Tabel 5.9 menunjukkan rangkuman hasil perhitungan untuk pembagian segmen AE dan FJ menjadi masing-masing sepuluh segmen.

Dari segi *input*, sudut datang aliran menunjukkan dampak yang paling signifikan terhadap hasil metode ini. Hal ini dikarenakan sudut datang aliran menjadi faktor kunci pembeda proses sedimentasi atau erosi. Dimana seharusnya sudut aliran tersebut merupakan sudut resultan dari arus akibat pasang surut, arus bawah permukaan, dan gelombang untuk tiap blok pasut yang diberikan. Namun karena keterbatasan data, sudut yang dimasukan hanyalah sudut arus

permukaan bawah air, dikarenakan komponen ini merupakan komponen dominan dalam *surf zone* dimana gelombang telah pecah dan mengalami perubahan energi menjadi arus (CERC,1984). Tinggi dan periode gelombang beserta kecepatan arus bawah permukaan rata-rata terhadap kedalaman yang dimasukan juga seharusnya spesifik terhadap blok pasut yang disediakan. Kembali, karena keterbatasan data yang diberikan dari pihak Tanjung priok data yang digunakan hanyalah data rata-rata untuk bulan terkait selama tiga tahun. Data ini cukup merepresentasikan profil gelombang dan arus pada wilayah Tanjung Priok, namun tentunya akurasi dari perhitungan SED-PIT menjadi menurun akibat hal tersebut. Profil sedimen yang didekati melalui tabel teori juga memberi kontribusi buruk dalam tingkat akurasi studi ini. Pengambilan data primer untuk tiap komponen amat disarankan untuk studi lebih lanjut

Tabel 5.9 Volume sedimentasi untuk pembagian segmen AE dan FJ

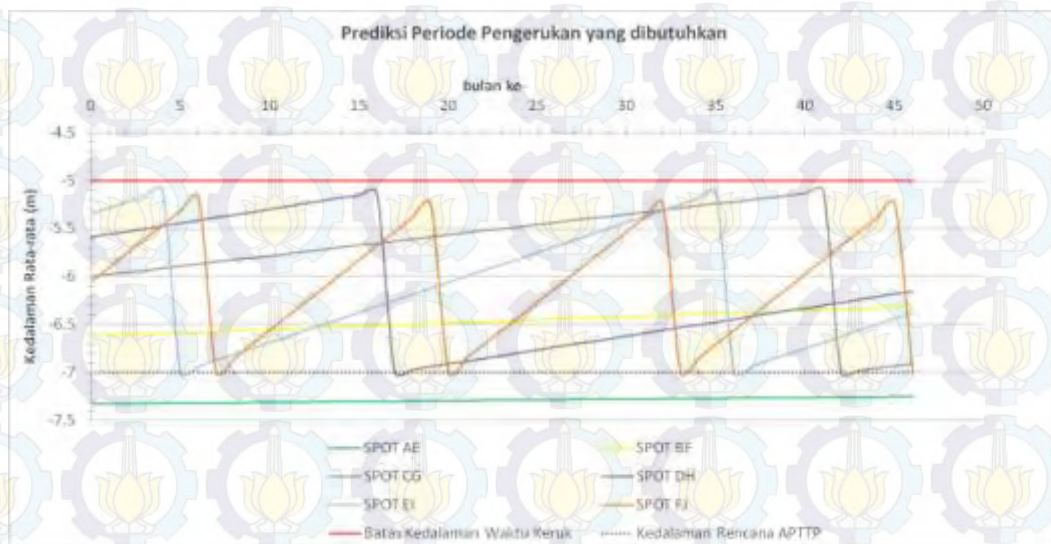
Segmen	AE			FJ		
	Overlay (m3)	SED -PIT (m3)	error (%)	Overlay (m3)	SED -PIT (m3)	error (%)
1	-60.77			1331.20	1551.88	16.58
2	150.16	162.24	8.04	3886.31	4598.53	18.33
3	366.04	316.72	13.47	1840.05	1624.59	11.71
4	-1818.99			1226.20	1071.71	12.60
5	492.57	554.83	12.64	628.97	733.23	16.58
6	-779.48			4323.67	4918.67	13.76
7	-591.09			11467.35	13379.92	16.68
8	1142.41	1270.11	11.18	15468.20	17436.68	12.73
9	1406.87	1174.41	16.52	16221.95	19101.06	17.75
10	587.05	526.60	10.30	15858.25	18838.25	18.79

5.5 Analisa Prediksi Sedimentasi

Prediksi sedimentasi dilakukan dengan menggunakan nilai laju sedimentasi metode Overlay terbesar untuk tiap segmen sebagai acuan (periode agustus). Prediksi dilakukan dengan asumsi tidak ada upaya pengerukan dalam kurun waktu tersebut. Prediksi sedimentasi dari bulan ke bulan dapat dimanfaatkan untuk upaya sediment management dalam rangka menjaga keselamatan alur pelayaran. Untuk menjaga kedalaman alur efektif, ditetapkan

batas kedalaman untuk dilakukan upaya pengerukan pada waktu besarnya kedalaman alur mencapai batas tersebut. Kemudian diprediksi lagi hingga kembali mencapai batas kedalaman untuk dikeruk lagi, sehingga bisa diperoleh prediksi waktu pengerukan yang diperlukan.

Kondisi eksisting masing-masing segmen memiliki rata-rata kedalaman yang berbeda-beda. Alur Pelayaran direncanakan harus memiliki kedalaman minimal -5m. Untuk itu alur dengan kedalaman yang tidak mencapai -5m harus dikeruk. Selanjutnya untuk menjaga efisiensi pengerukan, kedalaman rencana yang ditetapkan adalah -7m, sehingga terdapat waktu yang cukup ekonomis hingga pengerukan periode berikutnya.



Gambar 5.2 Grafik prediksi periode pengerukan

Tabel 5.10 Kedalaman dan Prediksi Rentang Waktu Pengerukan

SPOT	Kondisi Eksisting (m)	Tebal Sedimentasi /bulan (m)	Lama Ke-5m (LWS)	Periode Keruk (bulan)
			(bulan)	
AE	-7.33	0.002	~	~
BF	-6.62	0.007	~	~
CG	-6.00	0.022	42	89
DH	-5.59	0.029	17	66
EI	-5.35	0.063	5	31
FJ	-6.05	0.147	7	13

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan metode *Overlay*, laju sedimentasi terbesar terjadi pada segmen FJ di periode Aug-Dec (9326500 E – 9327500 E) dengan nilai 276.756,52 m³/tahun. Sedangkan besar laju sedimentasi terkecil terdapat pada segmen AE (9327500 E – 9328500 E) di periode Aug-Dec dengan nilai 3186.30 m³/tahun.
2. Berdasarkan metode SED-PIT, laju sedimentasi terbesar terjadi pada segmen FJ di periode Aug-Dec (9326500 E – 9327500 E) dengan nilai 200.635,39 m³/tahun. Sedangkan besar laju sedimentasi terkecil terdapat pada segmen AE (9327500 E – 9328500 E) di periode Aug-Dec dengan nilai 3504.62m³/tahun.
3. Tingkat keakuratan hasil perhitungan volume sedimen dan laju sedimentasi SED-PIT adalah **sama** untuk tiap **segmen pada periode terkait** dibandingkan dengan metode *Overlay*. Nilai tersebut berkisar dari 5-20% tergantung dari jauhnya letak studi dengan koordinat acuan data gelombang dan arus. Semakin jauh letak studi maka semakin tidak akurat hasil metode SED-PIT. Hal ini dikarenakan asumsi *cross-section* metode SED-PIT dan sifatnya yang linier dan keterbatasan data *input*.

6.2 SARAN

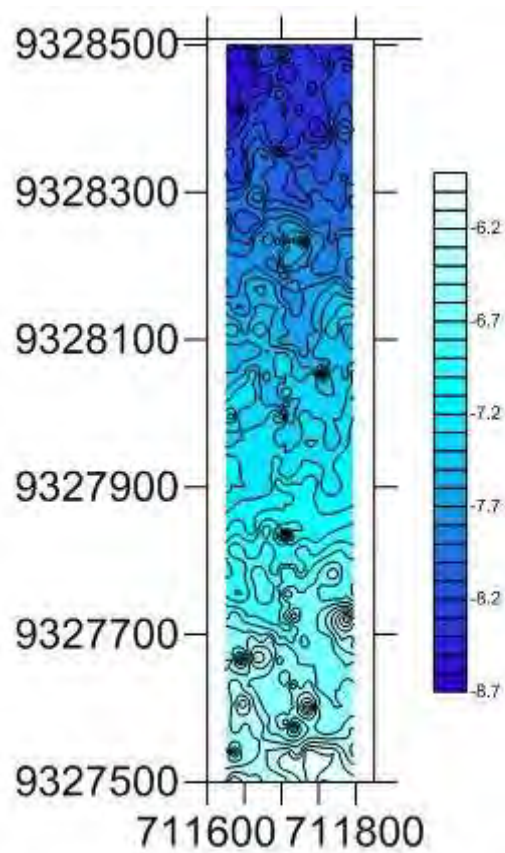
Dari hasil analisa yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Sebaiknya dikembangkan permodelan sederhana untuk memasukan geometri *cross-section* hasil digitasi peta batimetri kedalam perhitungan SED-PIT. Geometri yang telah di *update* tersebut kemudian di integralkan terhadap panjang kanal, sehingga keakuratan analisa SED-PIT dapat meningkat secara signifikan.
2. Diadakan pengerukan rutin pada tiap segmen sesuai hasil prediksi volume sedimentasi, terutama pada segmen FJ yaitu tiap 13 bulan.

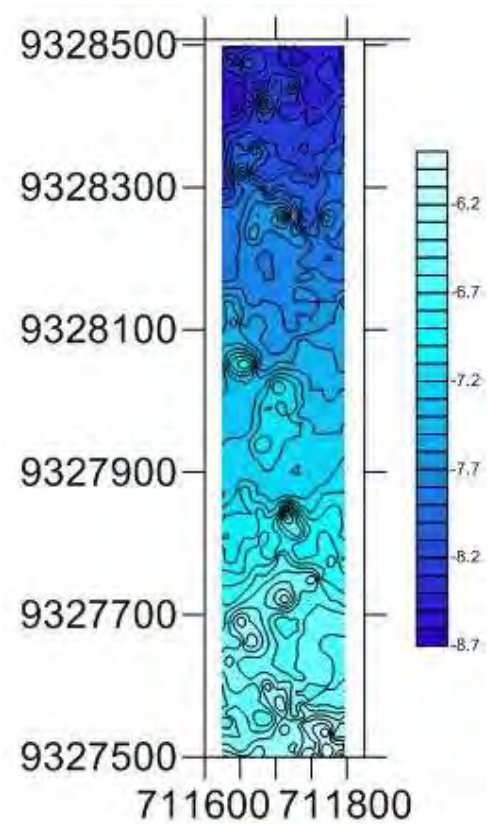
LAMPIRAN A

**BATIMETRI DIGITAL OLAHAN DIGITASI MANUAL
MENGUNAKAN SOFTWARE SURFER 10**

SEGMENT A-E

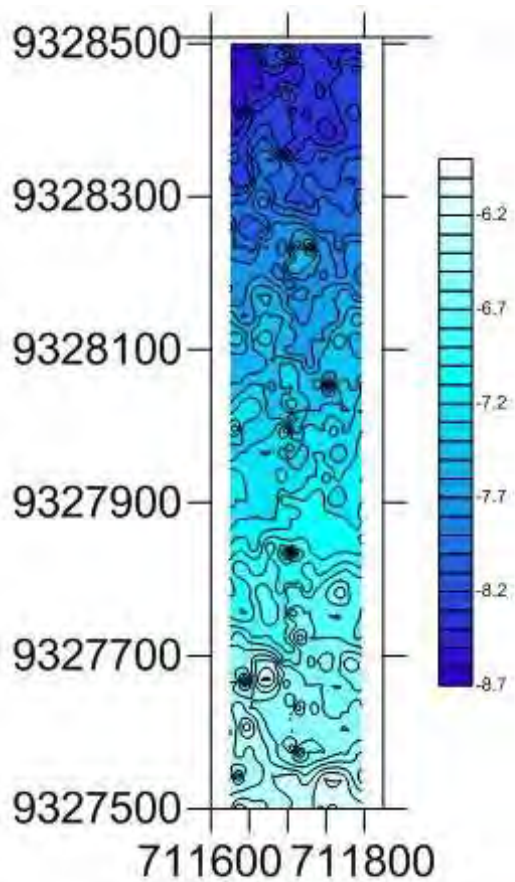


Batimetri Februari 2011

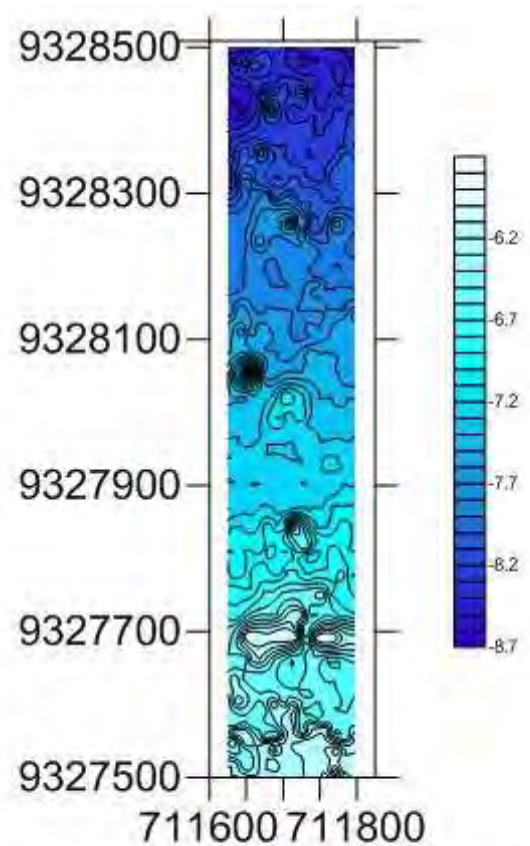


Batimetri Mei 2011

SEGMENT A-E

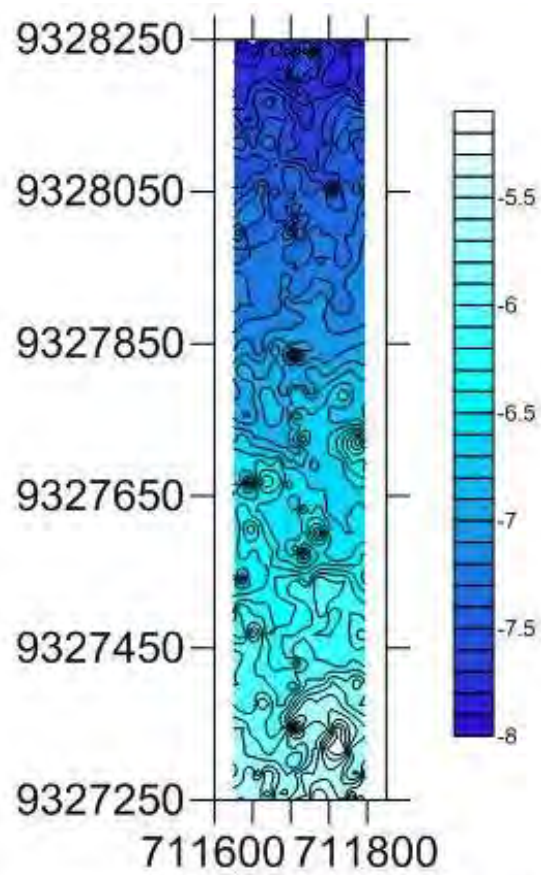


Batimetri Agustus 2011

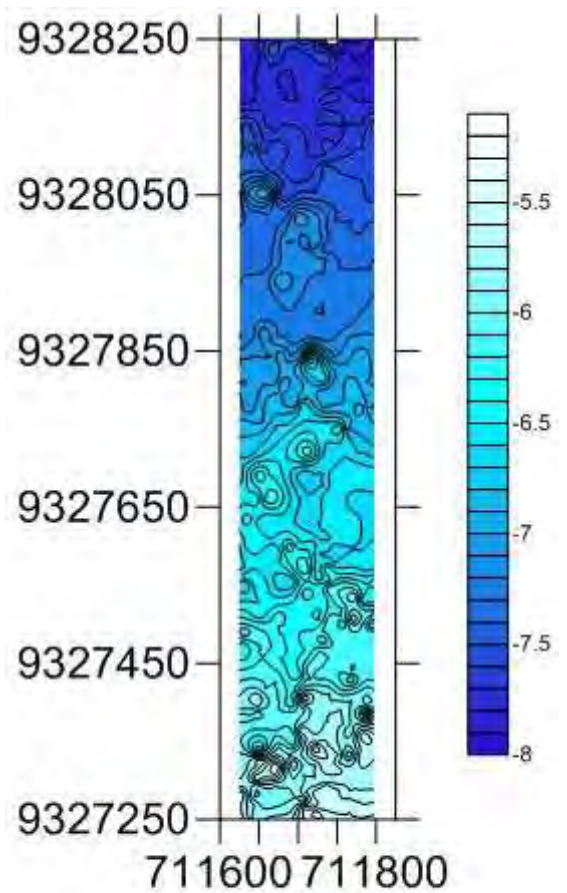


Batimetri Desember 2011

SEGMENT B-F

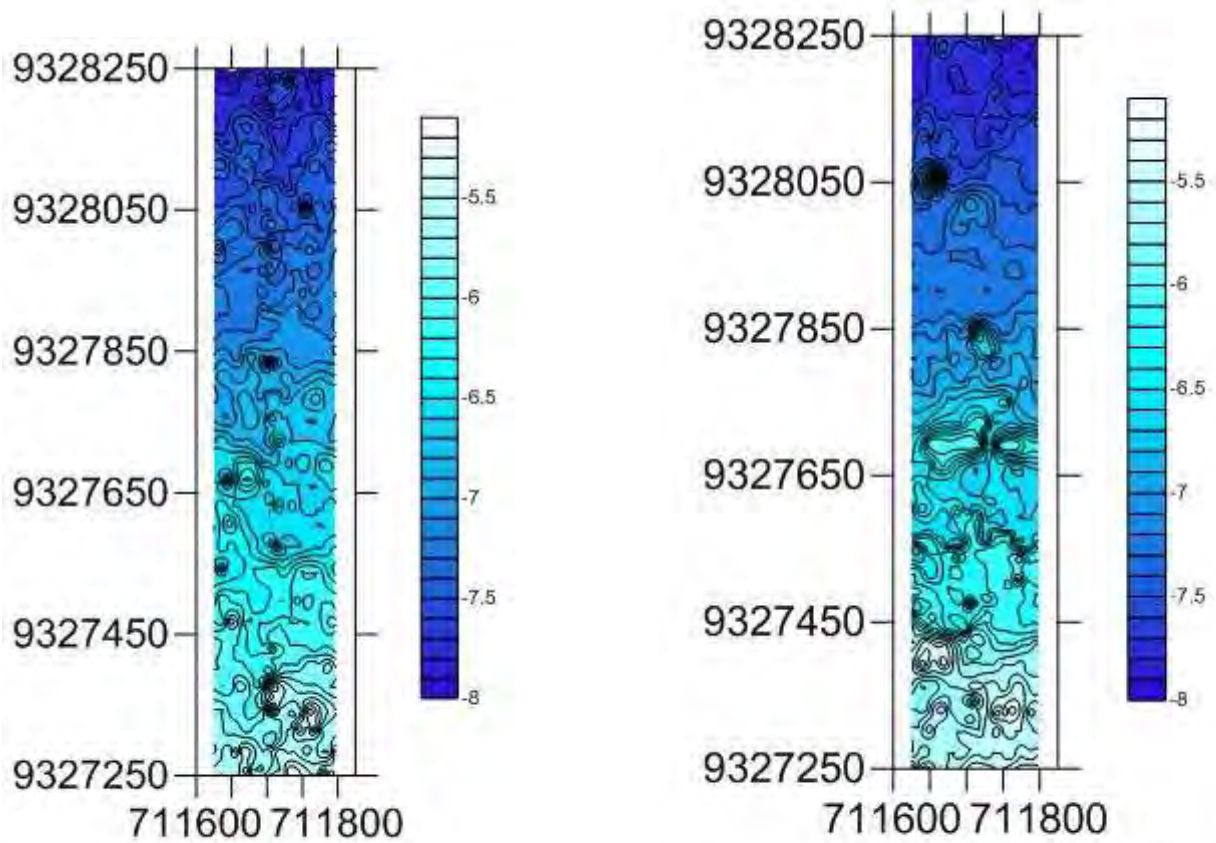


Batimetri Februari 2011



Batimetri Mei 2011

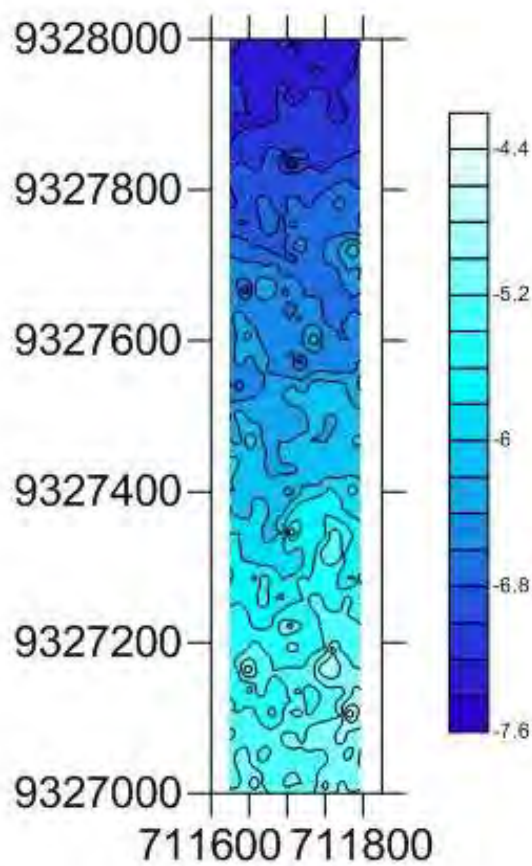
SEGMENT B-F



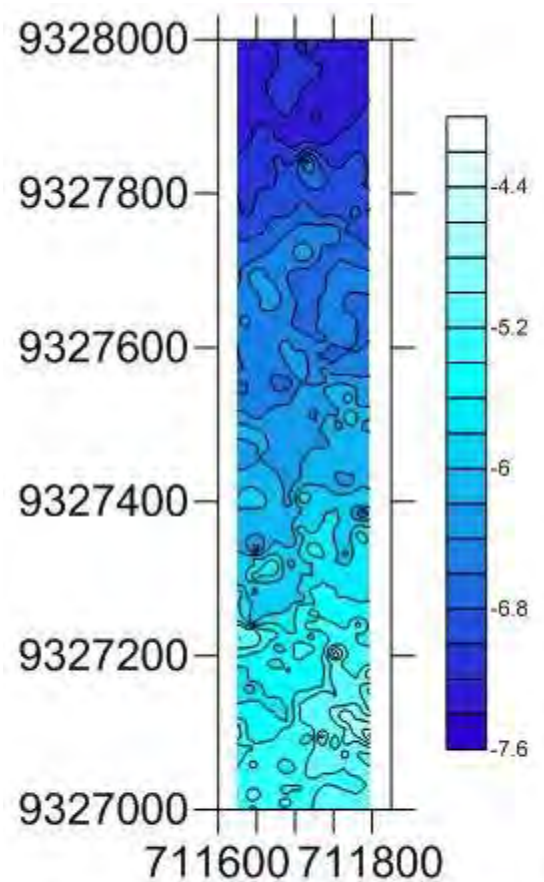
Batimetri Agustus 2011

Batimetri Desember 2011

SEGMENT C-G

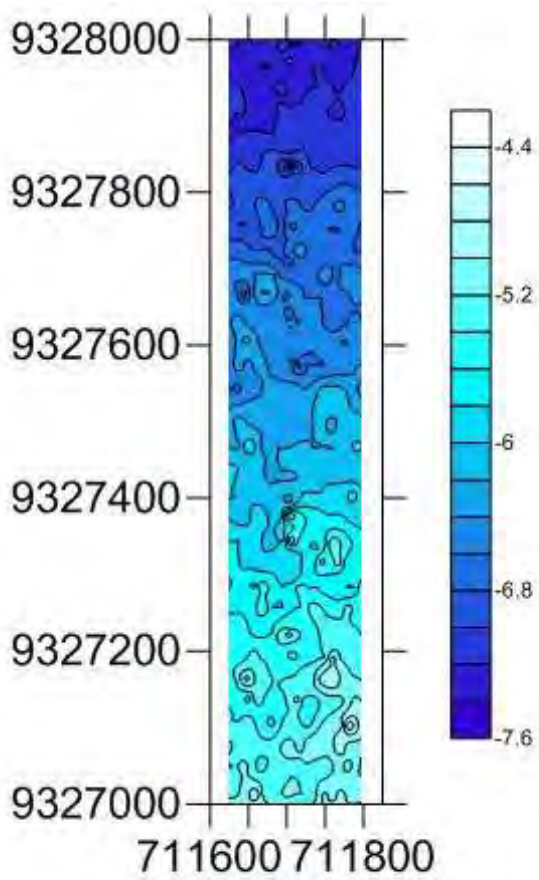


Batimetri Februari 2011

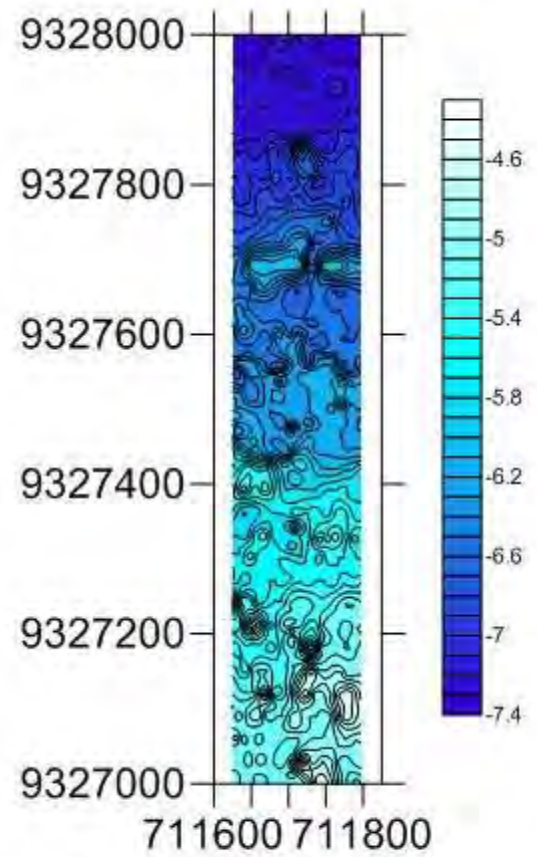


Batimetri Mei 2011

SEGMENT C-G



Batimetri Agustus 2011

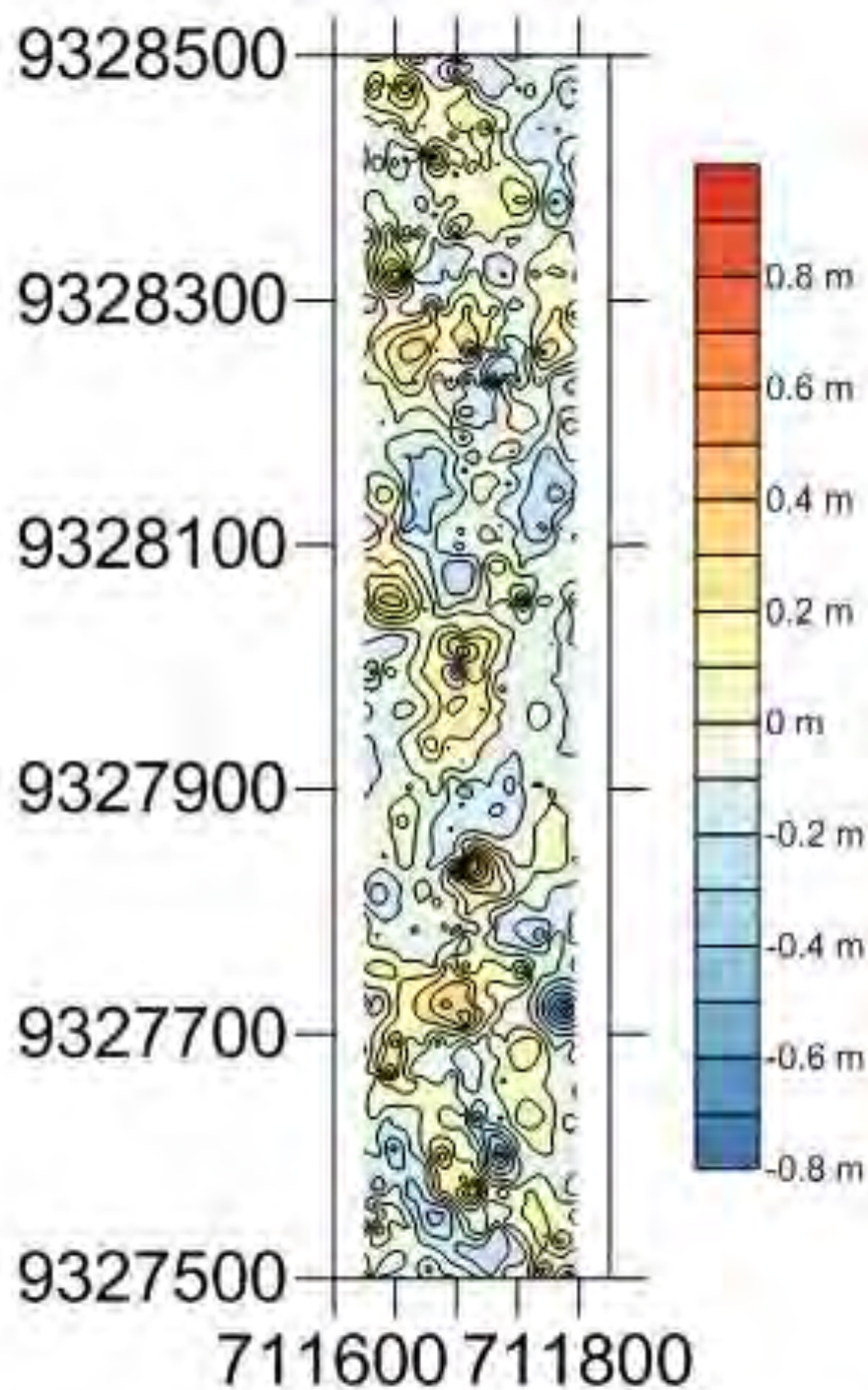


Batimetri Desember 2011

LAMPIRAN B

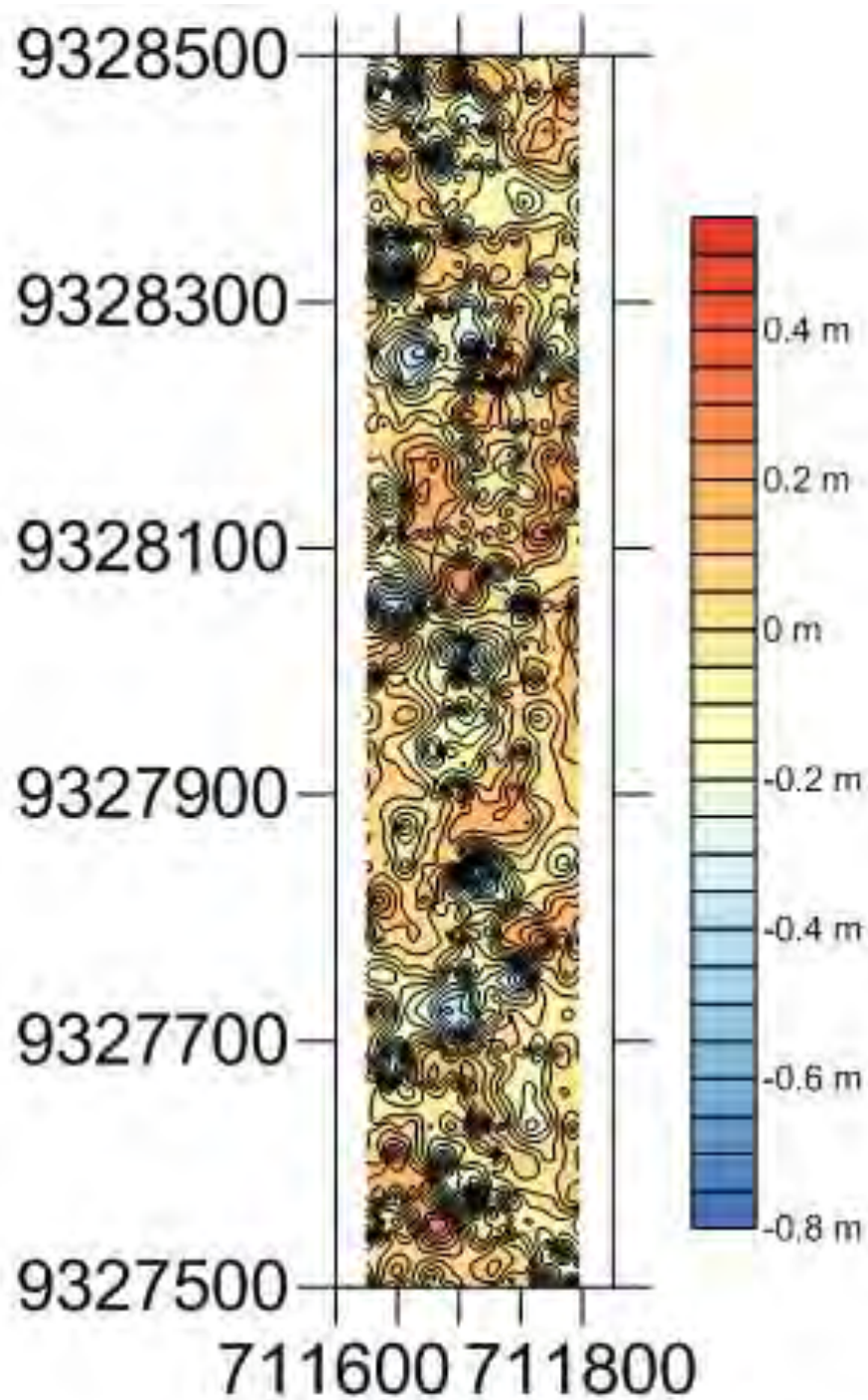
BATIMETRI DIGITAL HASIL *OVERLAY* MENGUNAKAN SOFTWARE SURFER 10

SEGMENT A-E



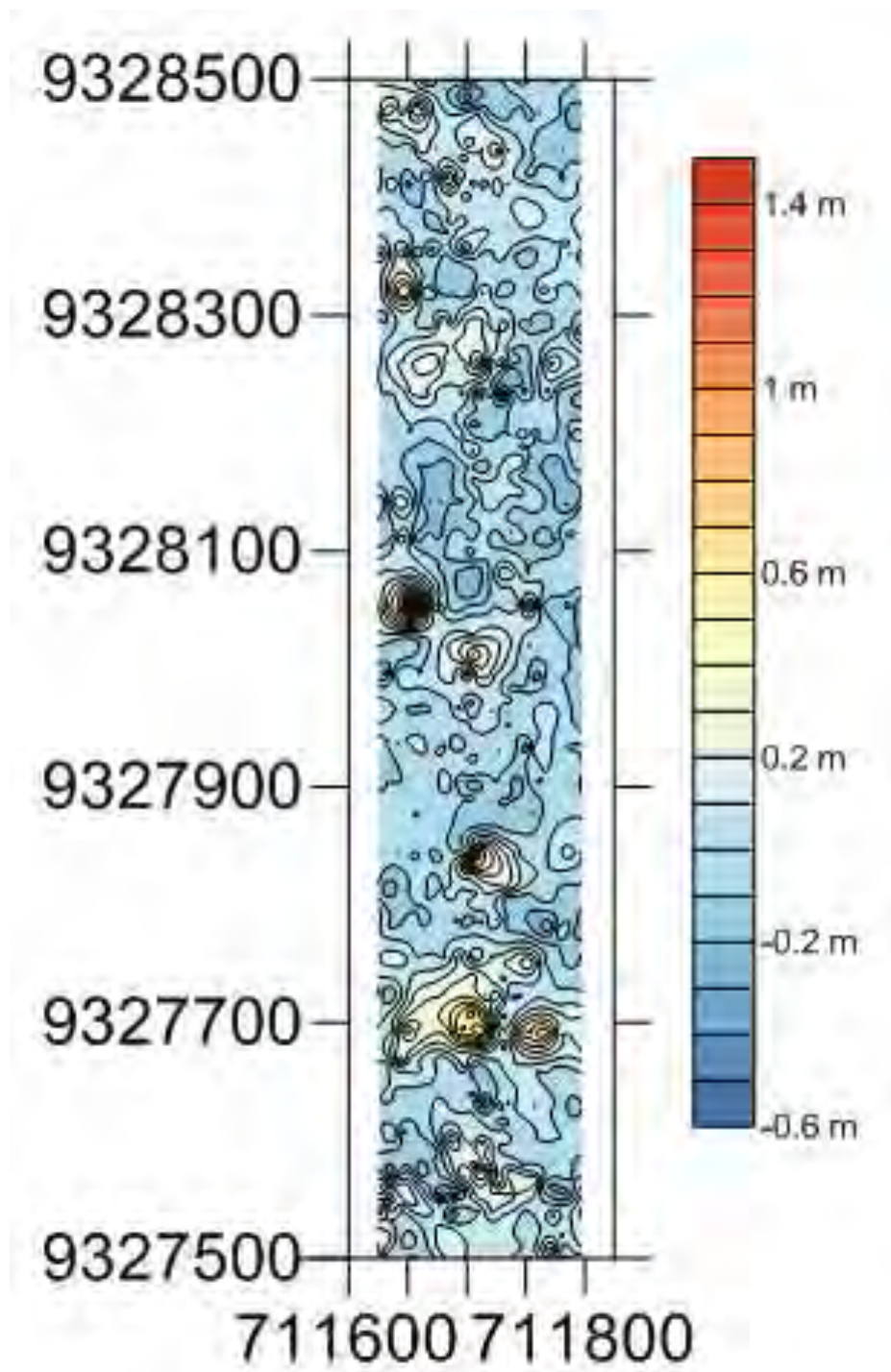
Overlay Feb-Mei 2011

SEGMENT A-E



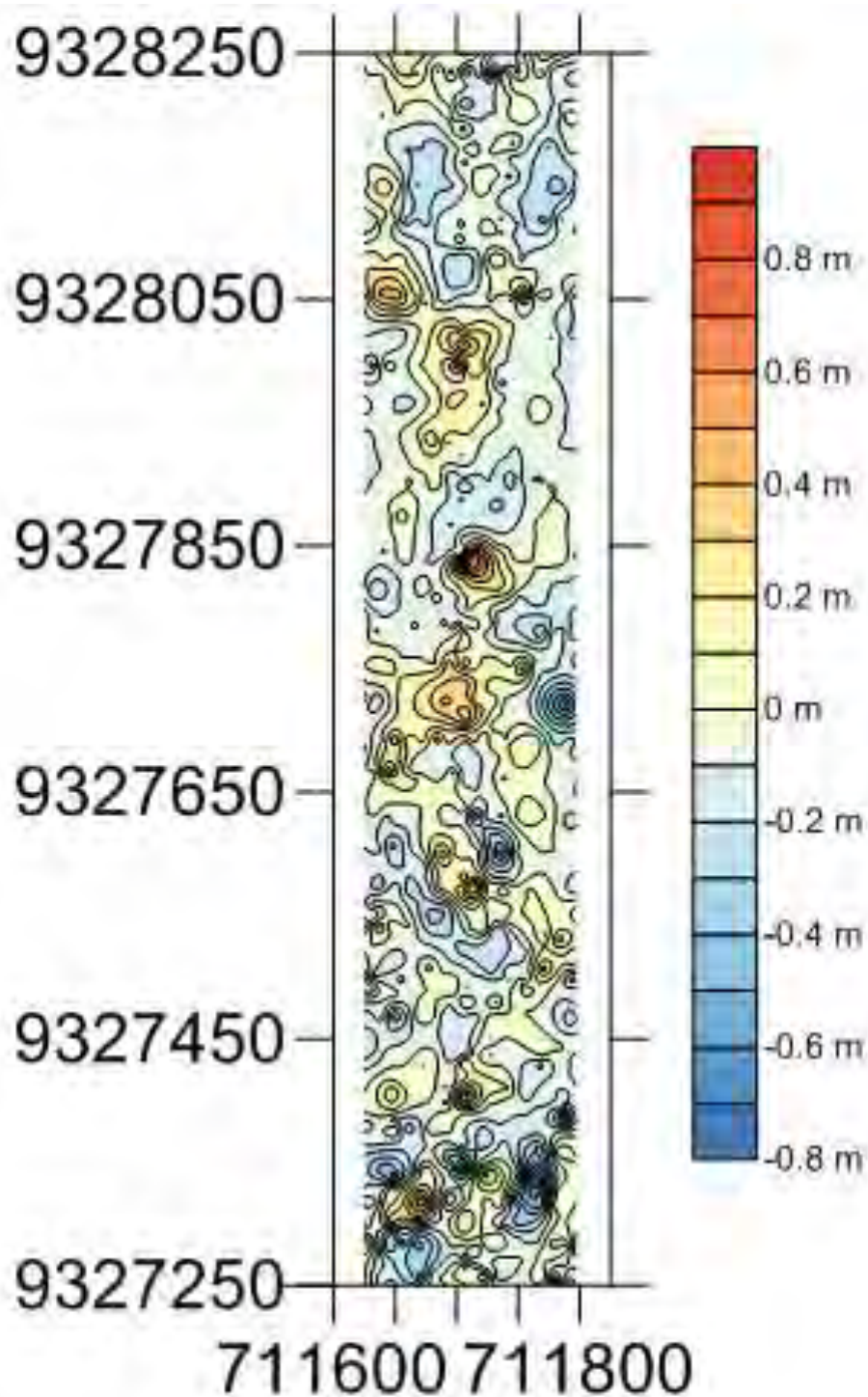
Overlay Mei-Aug 2011

SEGMENT A-E



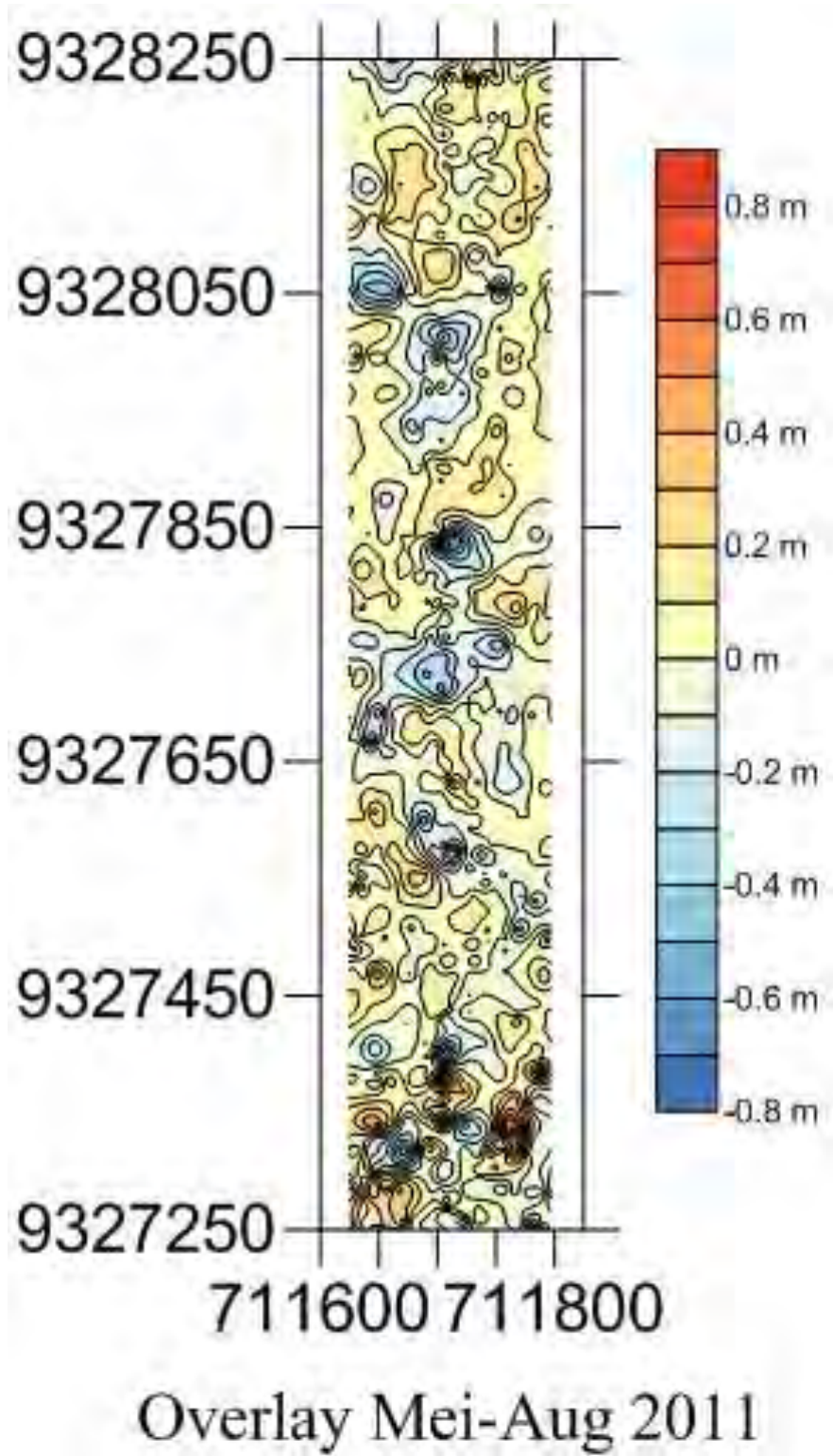
Overlay Aug-Des 2011

SEGMENT B-F

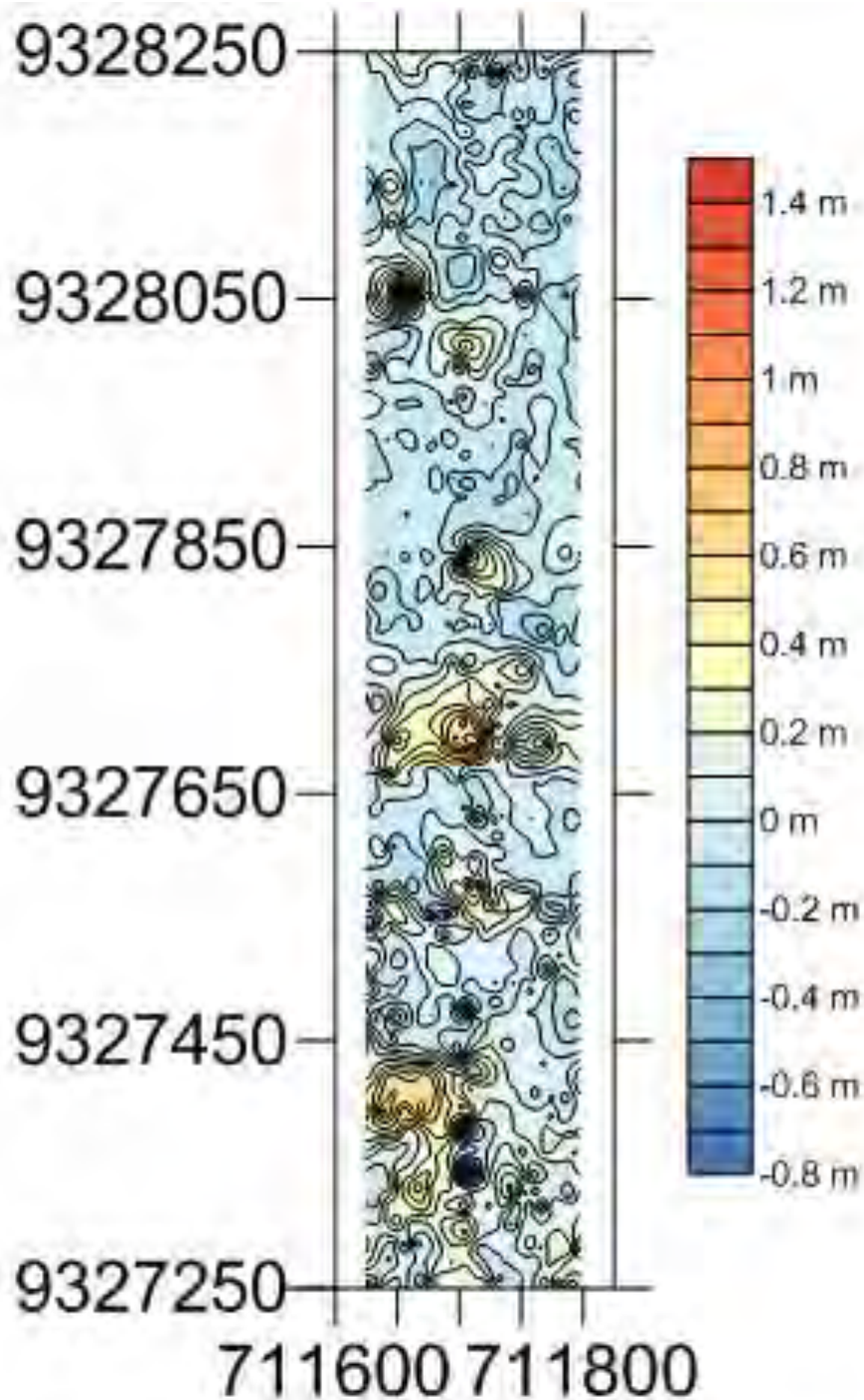


Overlay Feb-Mei 2011

SEGMENT B-F

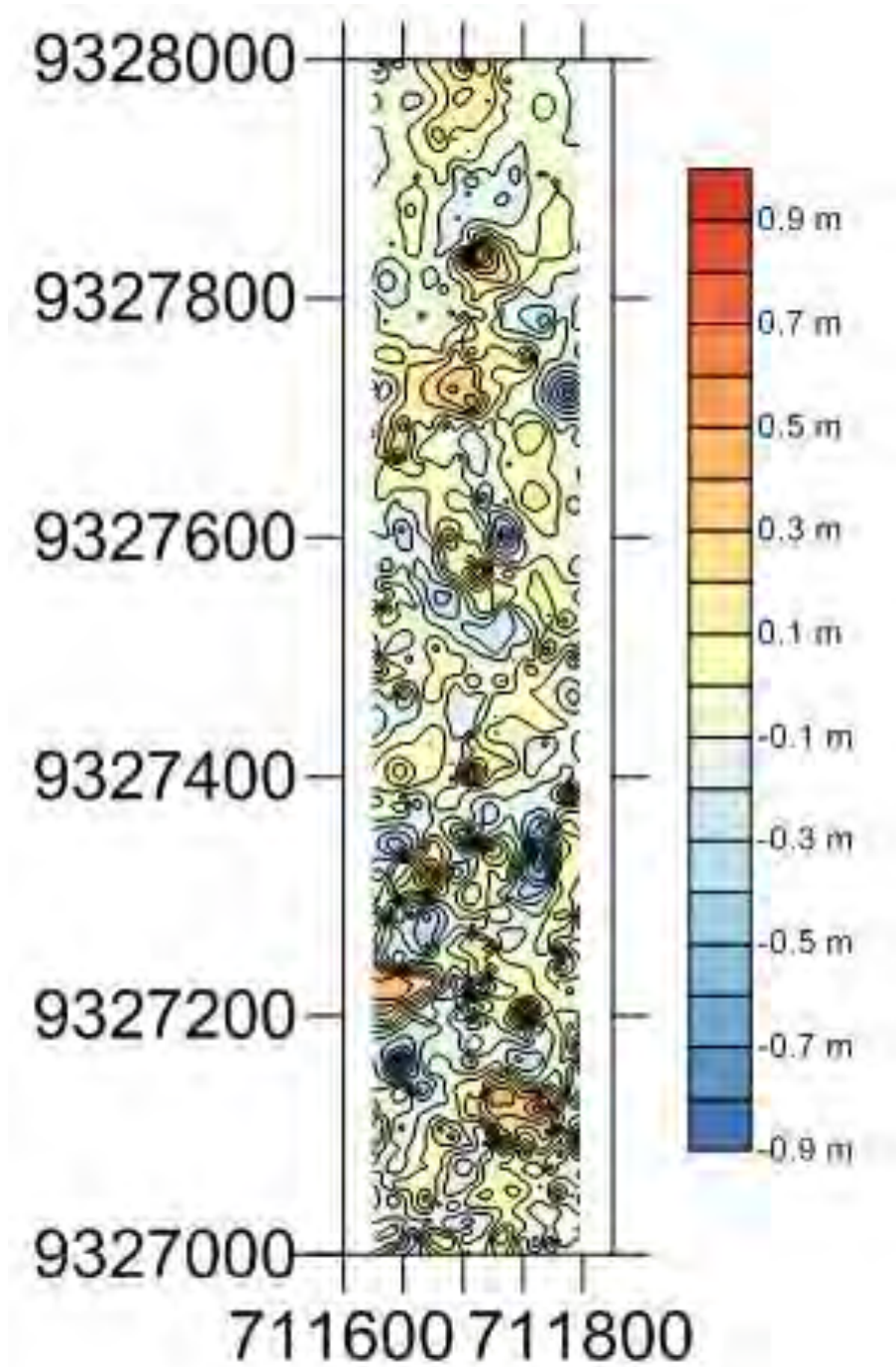


SEGMENT B-F



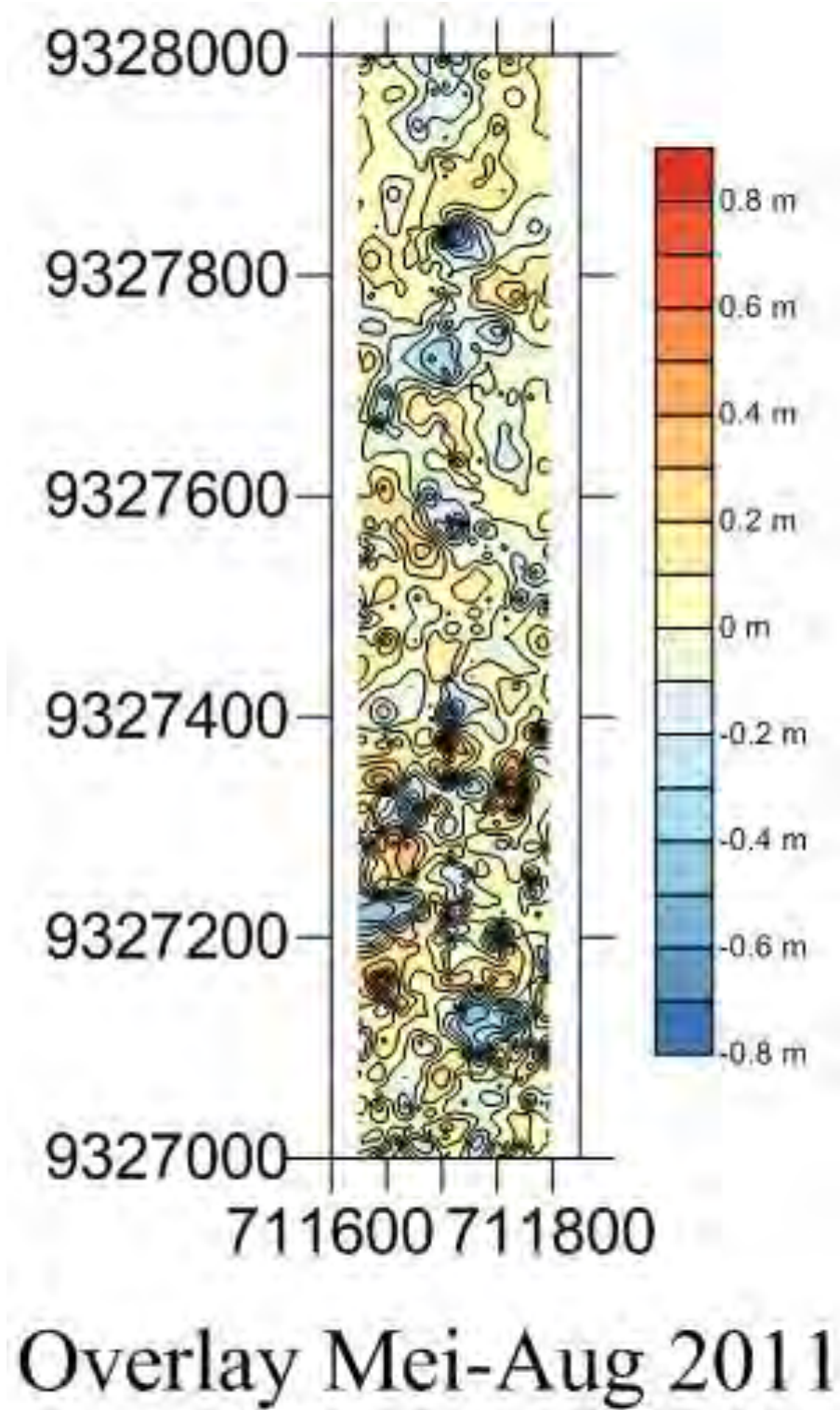
Overlay Aug-Des 2011

SEGMENT C-G

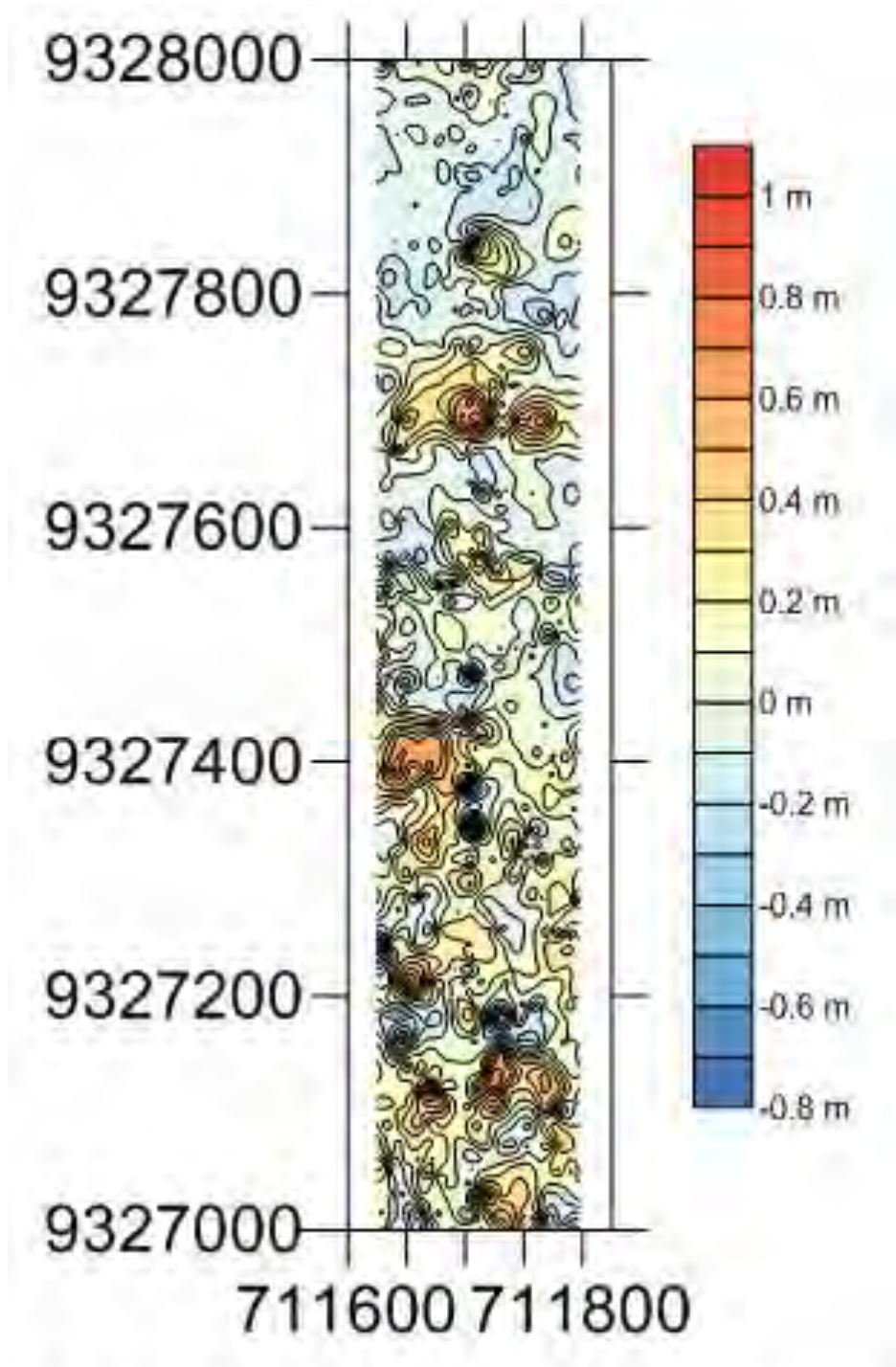


Overlay Feb-Mei 2011

SEGMENT C-G



SEGMENT C-G



Overlay Aug-Des 2011

LAMPIRAN C

OUTPUT PERHITUNGAN VOLUME SEDIMEN HASIL *OVERLAY*

MENGGUNAKAN SOFTWARE SURFER 10

SEGMENT

A-E

Grid Volume Computations (Feb-May)

Thu Jan 08 09:15:57 2015

Upper Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327500-9328500\2011 5 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.6993208504496
Z Maximum: -5.80306318757

Lower Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327500-9328500\2011 2 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.6975198446157
Z Maximum: -6.0012549908234

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -2636.9929865378
Simpson's Rule: -2644.7277549197
Simpson's 3/8 Rule: -2638.8468523871

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 7570.7513406128
Negative Volume [Fill]: 10207.74432715

Net Volume [Cut-Fill]: -2636.9929865375

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]:	69889.406516729
Negative Planar Area [Fill]:	101823.04023479
Blanked Planar Area:	644272.28159545
Total Planar Area:	815984.72834697

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]:	69897.964910334
Negative Surface Area [Fill]:	101830.13668048

Grid Volume Computations (May-Aug)

Thu Jan 08 09:17:11 2015

Upper Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327500-9328500\2011 8 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.6974690422088
Z Maximum: -6.0593503461948

Lower Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327500-9328500\2011 5 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.6993208504496
Z Maximum: -5.80306318757

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 1111.2778263837
Simpson's Rule: 1117.2997414107
Simpson's 3/8 Rule: 1111.9679545419

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 9066.1936243734
Negative Volume [Fill]: 7954.9157979892

Net Volume [Cut-Fill]: 1111.2778263841

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 97550.282757239
Negative Planar Area [Fill]: 74162.163994282
Blanked Planar Area: 644272.28159545
Total Planar Area: 815984.72834697

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 97556.205100625
Negative Surface Area [Fill]: 74170.675810632

Grid Volume Computations (Aug-Dec)

Fri Jan 09 08:28:00 2015

Upper Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327500-9328500\2011 12 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.6985400821941
Z Maximum: -5.8057158095333

Lower Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327500-9328500\2011 8 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.6974690422088
Z Maximum: -6.0593503461948

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 1062.0992018045
Simpson's Rule: 1056.5622558776
Simpson's 3/8 Rule: 1061.1124573815

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 9782.0062798542
Negative Volume [Fill]: 8719.9070780497

Net Volume [Cut-Fill]: 1062.0992018045

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 74205.491795185
Negative Planar Area [Fill]: 97506.954956335
Blanked Planar Area: 644272.28159545
Total Planar Area: 815984.72834697

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 74217.098717792
Negative Surface Area [Fill]: 97513.109741675

SEGMENT

B-F

Grid Volume Computations (Feb-May)

Thu Jan 08 09:10:41 2015

Upper Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327250-9328250\2011 5 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.0791708474054
Z Maximum: -5.3025529466226

Lower Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327250-9328250\2011 2 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.0394348684234
Z Maximum: -5.2007518439394

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -6111.7263051305
Simpson's Rule: -6120.5391720697
Simpson's 3/8 Rule: -6113.2692093079

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 6233.1459217759
Negative Volume [Fill]: 12344.872226906

Net Volume [Cut-Fill]: -6111.7263051303

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]:	61735.905903669
Negative Planar Area [Fill]:	109934.22629715
Blanked Planar Area:	644314.59614616
Total Planar Area:	815984.72834697

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]:	61743.977986515
Negative Surface Area [Fill]:	109945.11493029

Grid Volume Computations (May-Aug)

Thu Jan 08 09:12:03 2015

Upper Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327250-9328250\2011 8 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.0429811510488
Z Maximum: -5.2017848887713

Lower Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327250-9328250\2011 5 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.0791708474054
Z Maximum: -5.3025529466226

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 4691.5925876359
Simpson's Rule: 4699.2992206719
Simpson's 3/8 Rule: 4692.1265788717

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 11229.526509999
Negative Volume [Fill]: 6537.9339223634

Net Volume [Cut-Fill]: 4691.5925876358

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 106028.53294843
Negative Planar Area [Fill]: 65641.599252386
Blanked Planar Area: 644314.59614616
Total Planar Area: 815984.72834697

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 106039.08242091
Negative Surface Area [Fill]: 65649.771403334

Grid Volume Computations (Aug-Dec)

Fri Jan 09 08:30:26 2015

Upper Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327250-9328250\2011 12 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.0658431507909
Z Maximum: -5.2019717130337

Lower Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327250-9328250\2011 8 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -8.0429811510488
Z Maximum: -5.2017848887713

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 5375.9466660099
Simpson's Rule: 5375.0228891954
Simpson's 3/8 Rule: 5373.7365655882

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 13238.228232322
Negative Volume [Fill]: 7862.2815663115

Net Volume [Cut-Fill]: 5375.9466660109

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 84204.433417173
Negative Planar Area [Fill]: 87465.698783645
Blanked Planar Area: 644314.59614616
Total Planar Area: 815984.72834697

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 84218.676247246
Negative Surface Area [Fill]: 87473.060039718

SEGMENT

C-G

Grid Volume Computations (Feb-May)

Thu Jan 08 09:03:37 2015

Upper Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327000-9328000\2011 5 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -7.4001683132388
Z Maximum: -4.3640637281334

Lower Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327000-9328000\2011 2 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -7.5914524073534
Z Maximum: -4.4021764023279

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -4703.0860756181
Simpson's Rule: -4708.1284381923
Simpson's 3/8 Rule: -4703.9622452992

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 7320.6293135266
Negative Volume [Fill]: 12023.715389145

Net Volume [Cut-Fill]: -4703.0860756182

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]:	66331.122428029
Negative Planar Area [Fill]:	105381.32432349
Blanked Planar Area:	644272.28159545
Total Planar Area:	815984.72834697

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]:	66342.488887011
Negative Surface Area [Fill]:	105394.67188379

Grid Volume Computations (May-Aug)

Thu Jan 08 09:05:12 2015

Upper Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327000-9328000\2011 8 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -7.5884615058491
Z Maximum: -4.4059859512376

Lower Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327000-9328000\2011 5 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -7.4001683132388
Z Maximum: -4.3640637281334

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 3537.7503413785
Simpson's Rule: 3541.2373917479
Simpson's 3/8 Rule: 3537.680947441

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 10987.039722286
Negative Volume [Fill]: 7449.2893809071

Net Volume [Cut-Fill]: 3537.7503413788

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 101701.51435562
Negative Planar Area [Fill]: 70010.932395898
Blanked Planar Area: 644272.28159545
Total Planar Area: 815984.72834697

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 101714.5117329
Negative Surface Area [Fill]: 70022.325535928

Grid Volume Computations (Aug-Dec)

Fri Jan 09 08:32:10 2015

Upper Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327000-9328000\2011 12 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -7.3995355081926
Z Maximum: -4.4058786718997

Lower Surface

Grid File Name: D:\Tugas ITS\TA\Penting!!!\Retifikasi\Grid\Boundary line\9327000-9328000\2011 8 minus bln.grd
Grid Size: 10000 rows x 1000 columns

X Minimum: 711556.4194
X Maximum: 711887.6315
X Spacing: 0.33154364364365

Y Minimum: 9326044.636
Y Maximum: 9328508.268
Y Spacing: 0.24638783878381

Z Minimum: -7.5884615058491
Z Maximum: -4.4059859512376

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 13156.288683781
Simpson's Rule: 13160.883044996
Simpson's 3/8 Rule: 13155.802415801

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 18623.439789547
Negative Volume [Fill]: 5467.1511057659

Net Volume [Cut-Fill]: 13156.288683781

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 106625.76553761
Negative Planar Area [Fill]: 65086.681213913
Blanked Planar Area: 644272.28159545
Total Planar Area: 815984.72834697

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 106644.63386606
Negative Surface Area [Fill]: 65094.528161345

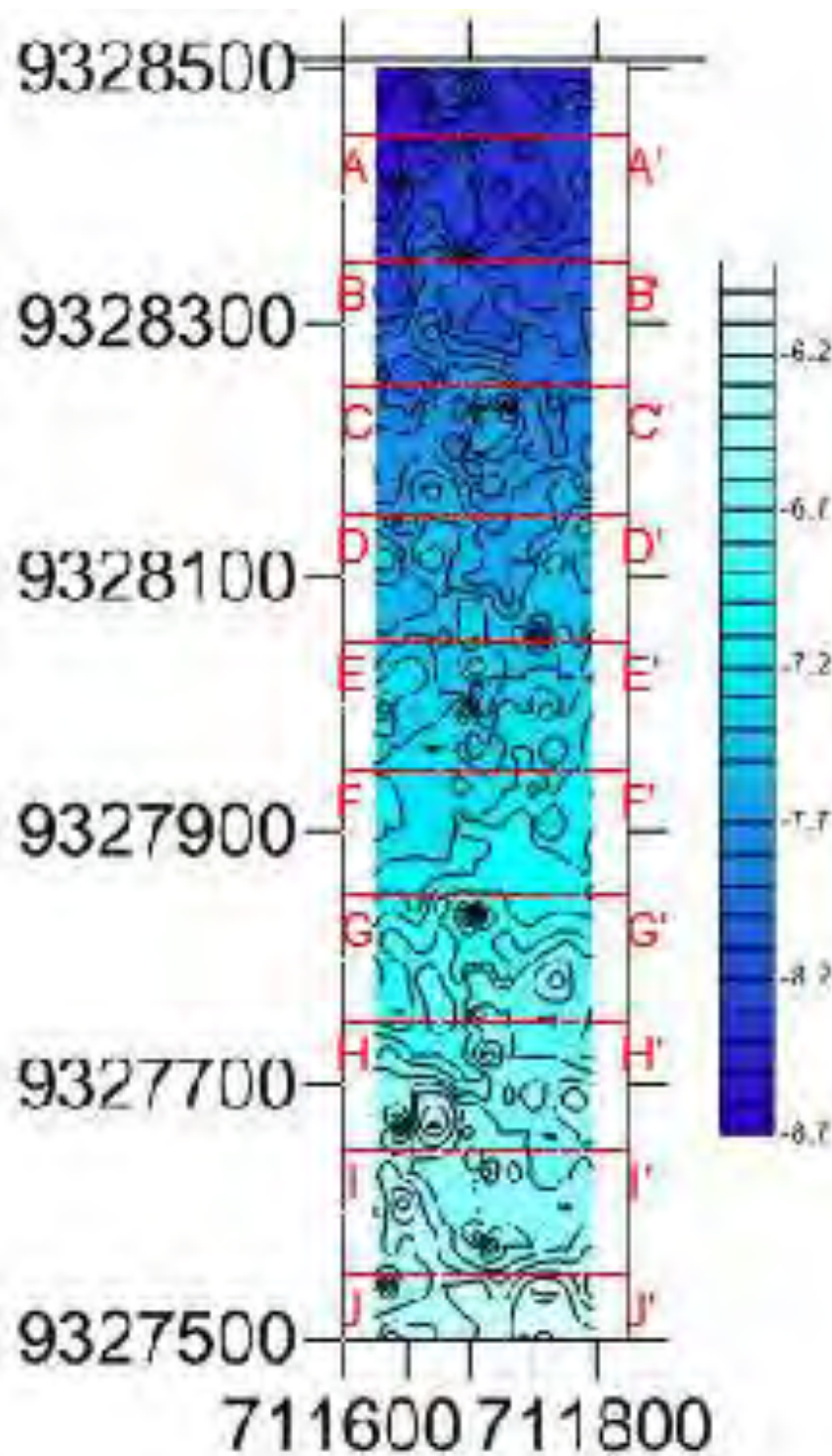
LAMPIRAN D

*Cross-Section per 100 m untuk segmen A-E
dan F-J*

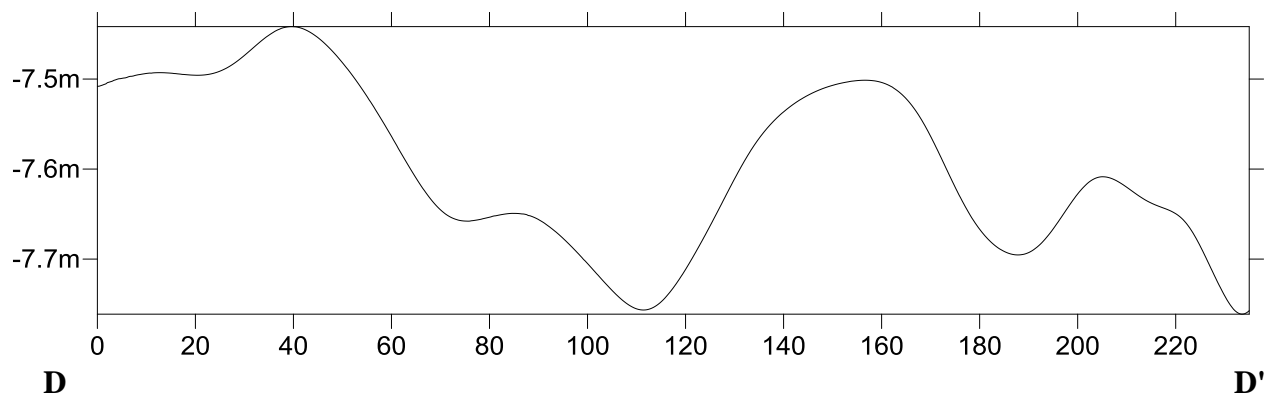
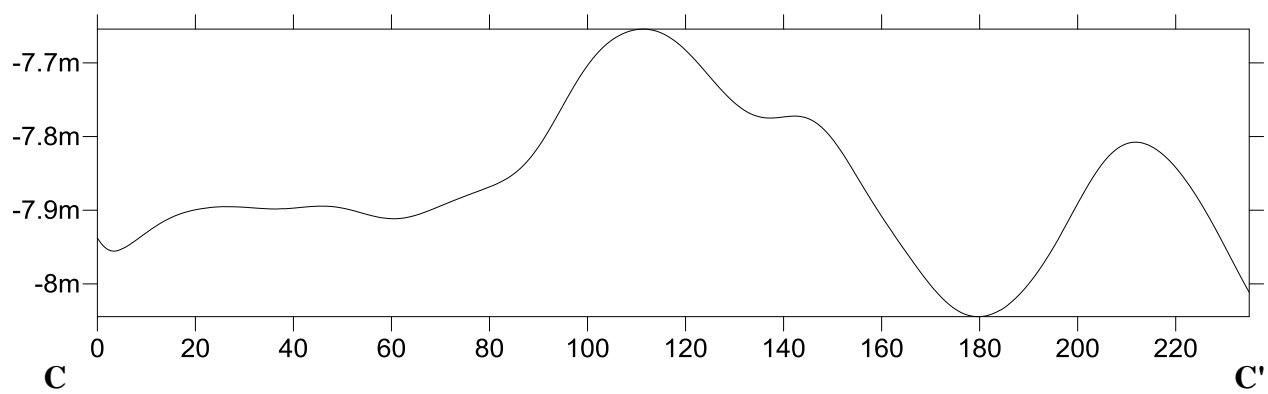
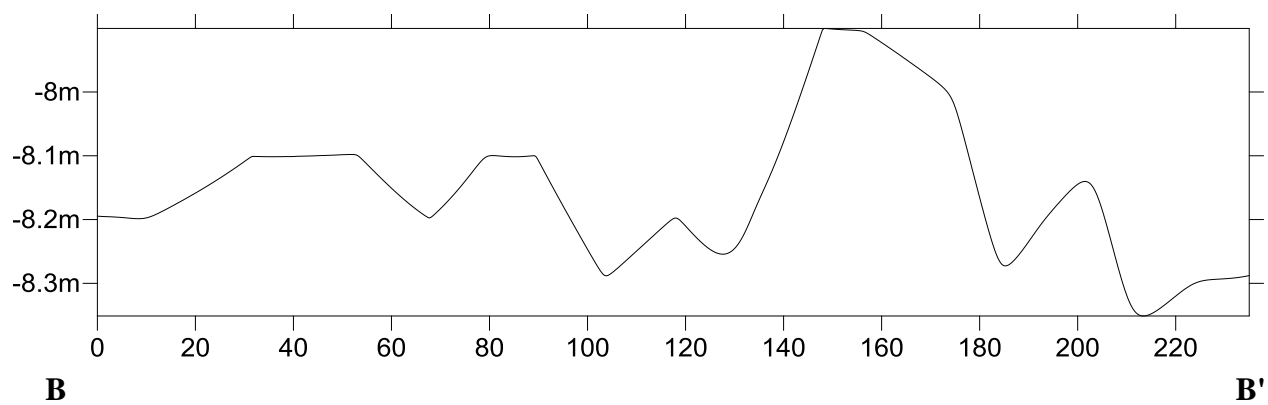
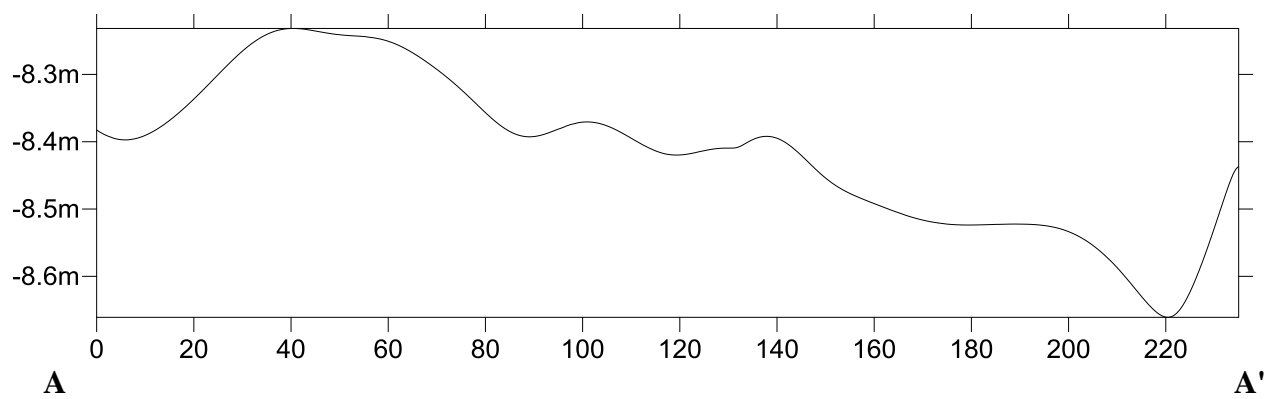
MENGGUNAKAN SOFTWARE SURFER 10

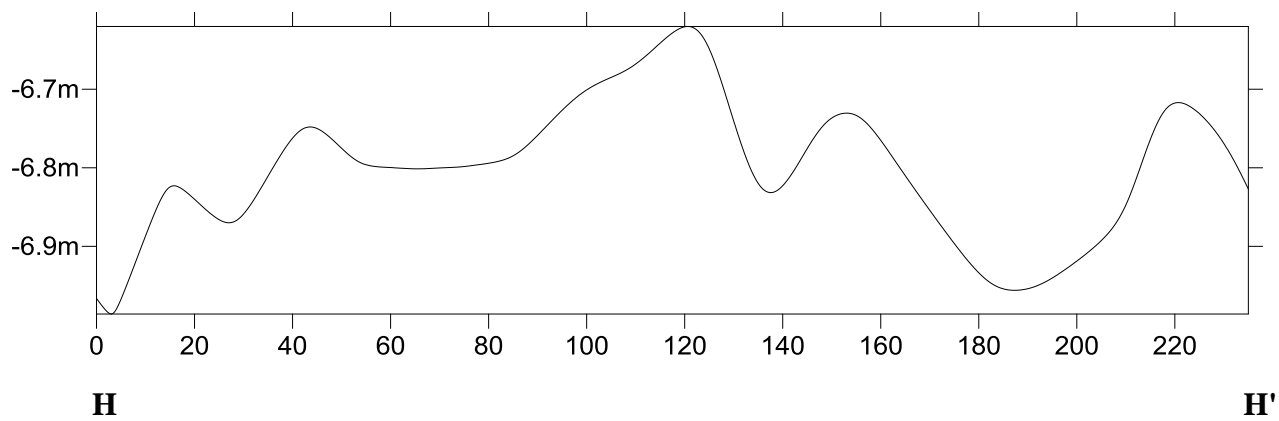
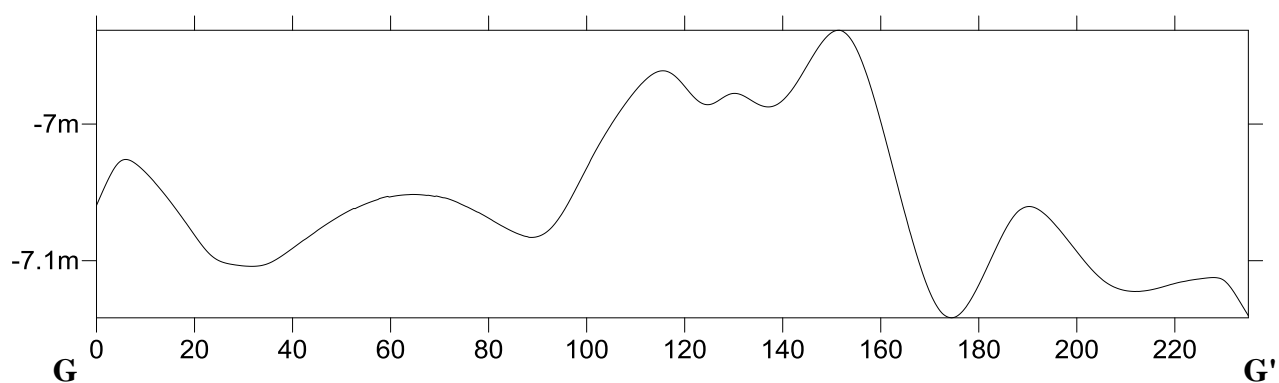
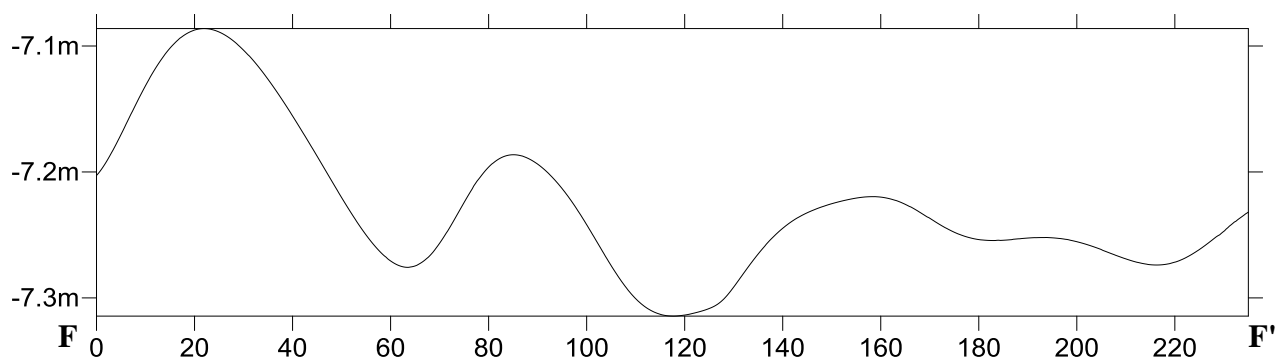
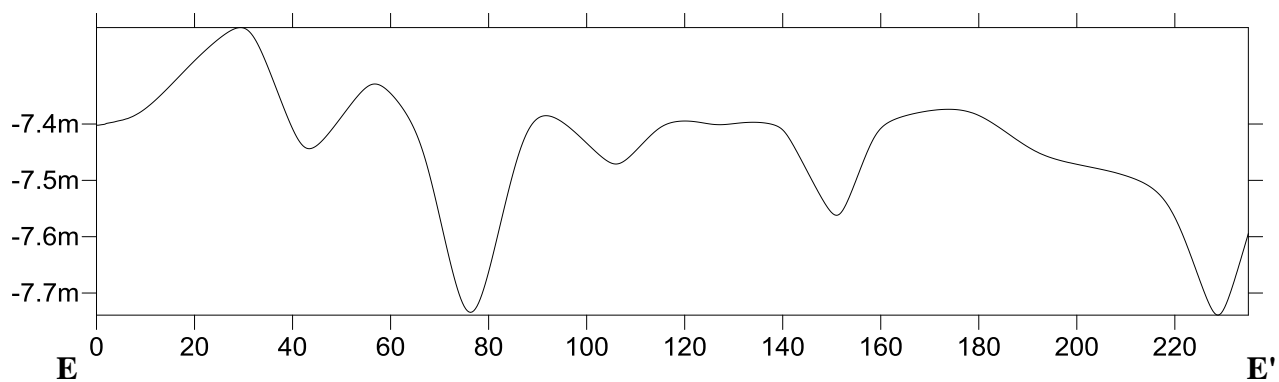
SEGMENT

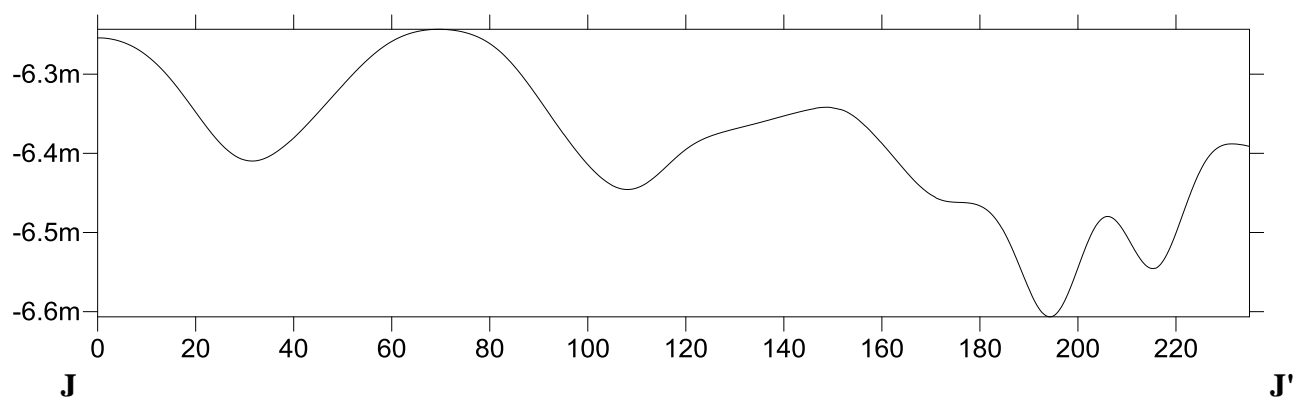
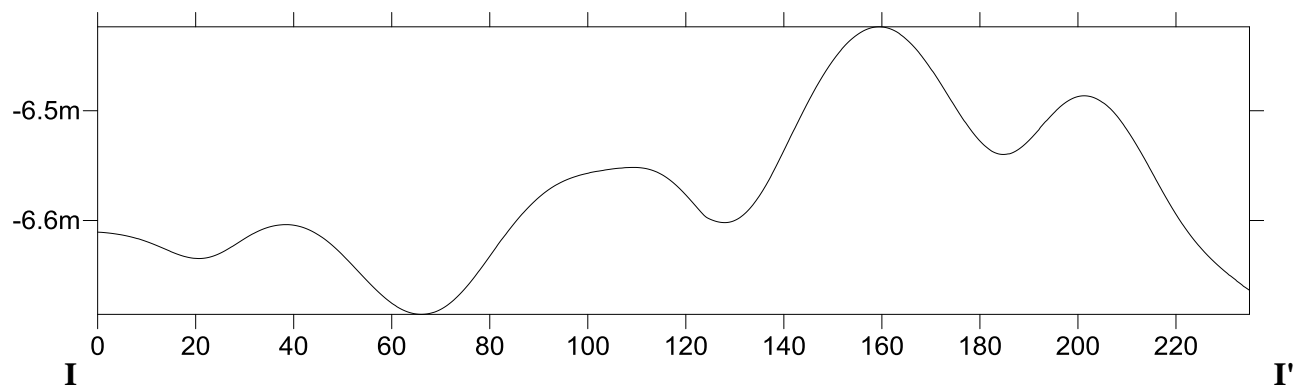
A-E



Batimetri Agustus 2011

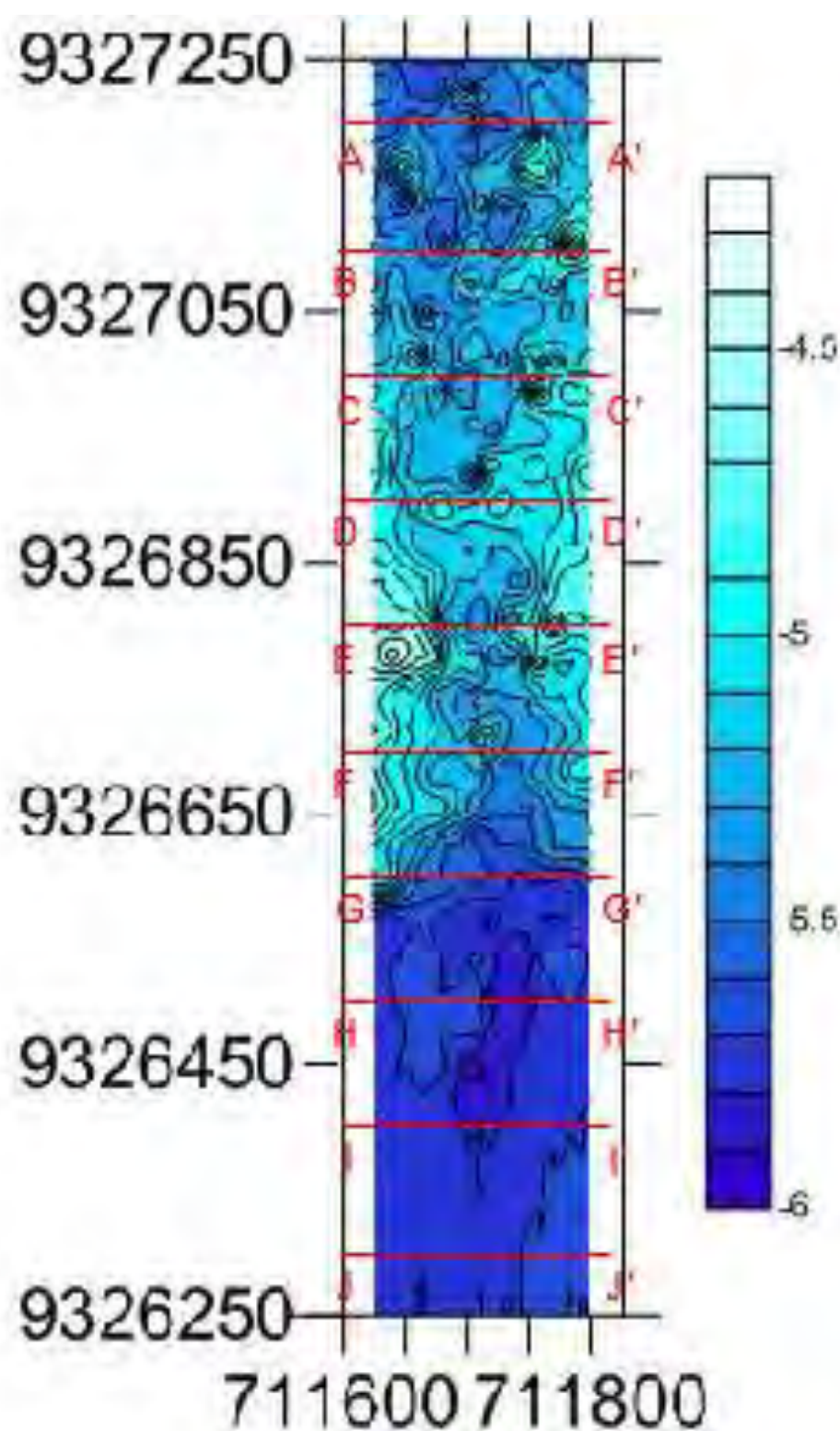




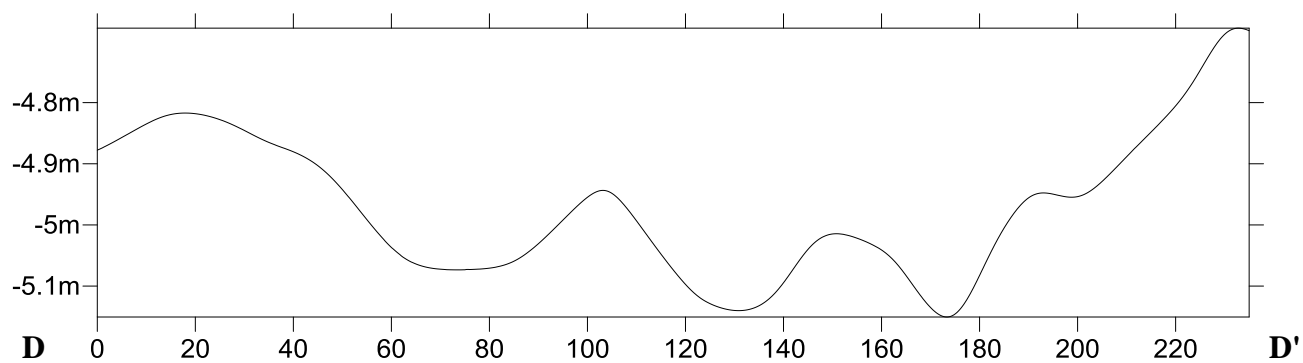
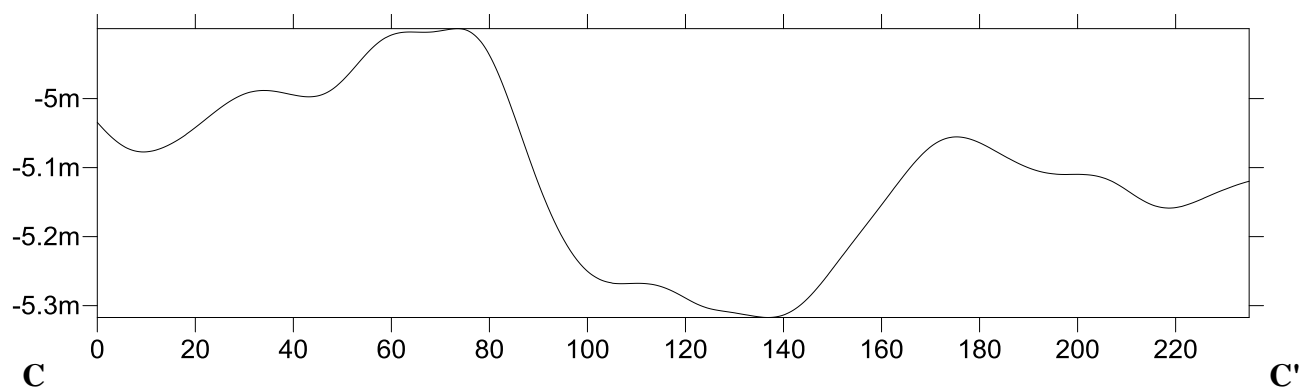
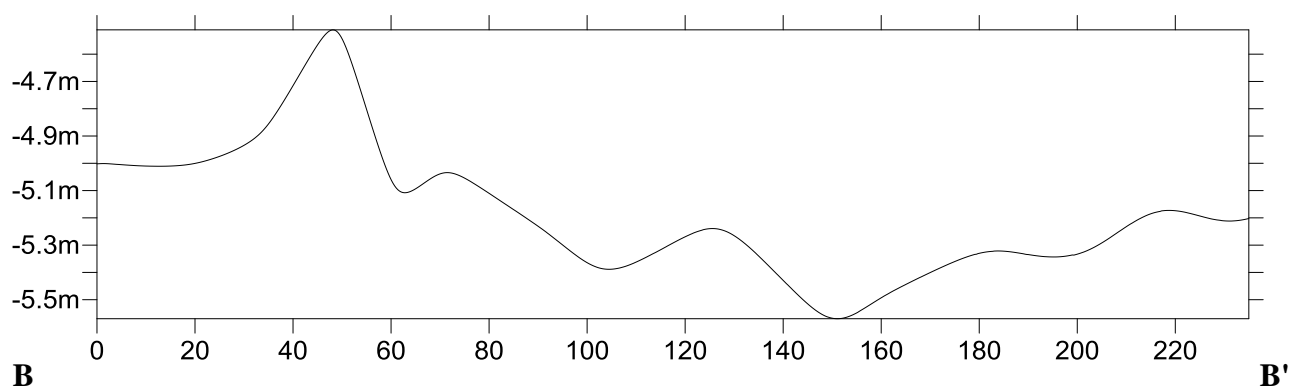
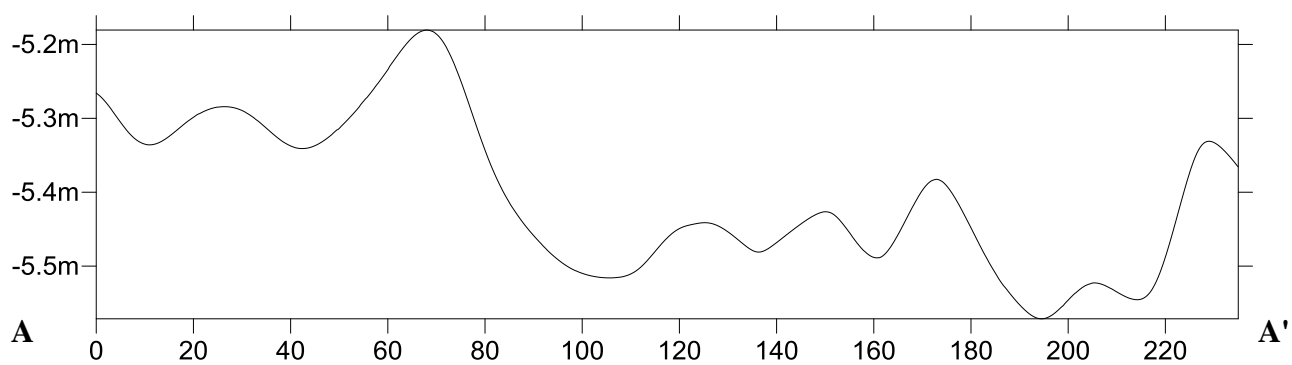


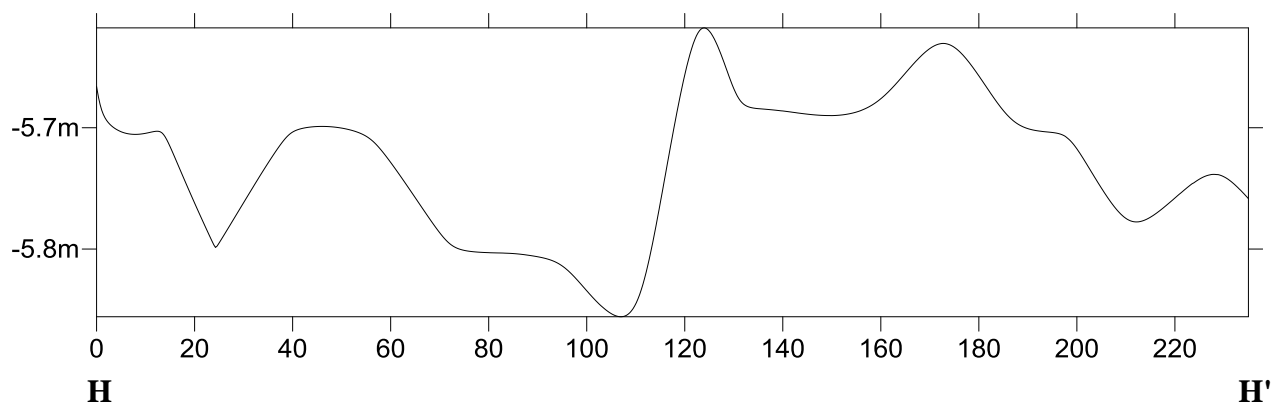
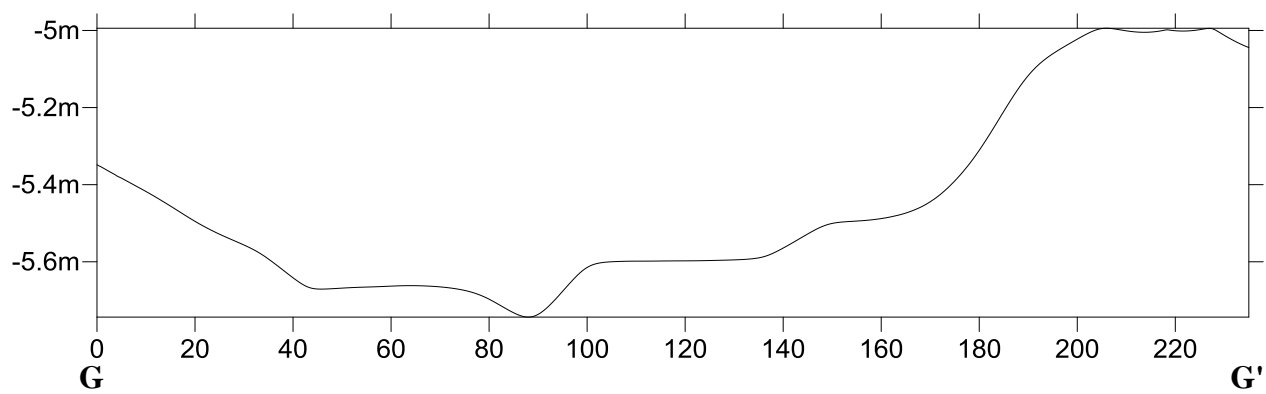
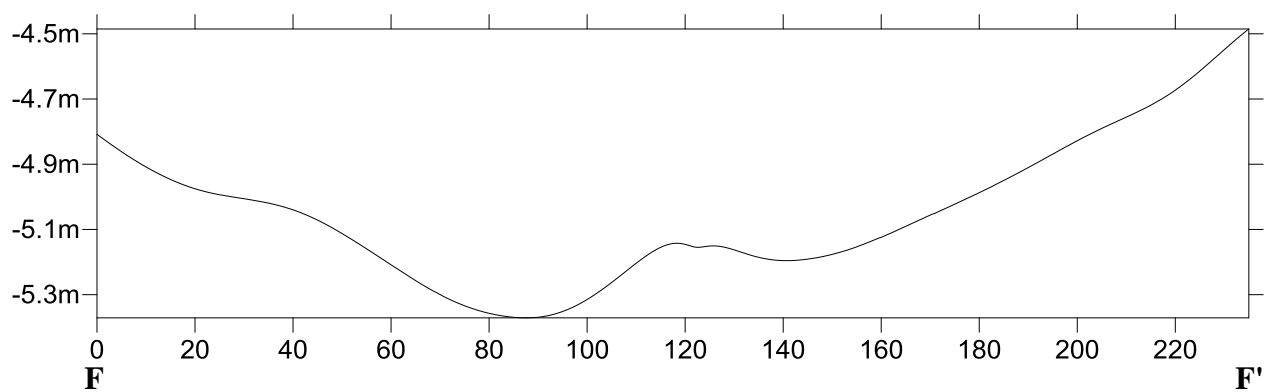
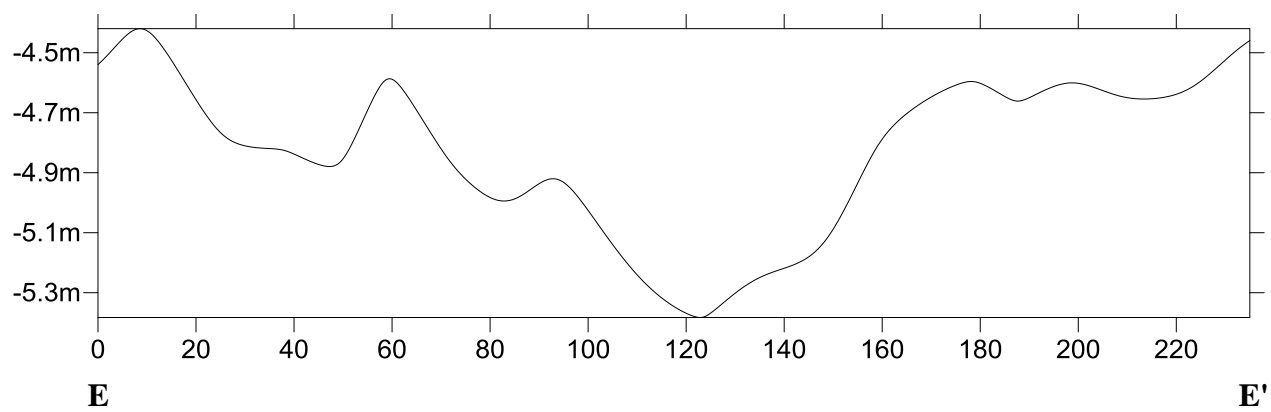
SEGMENT

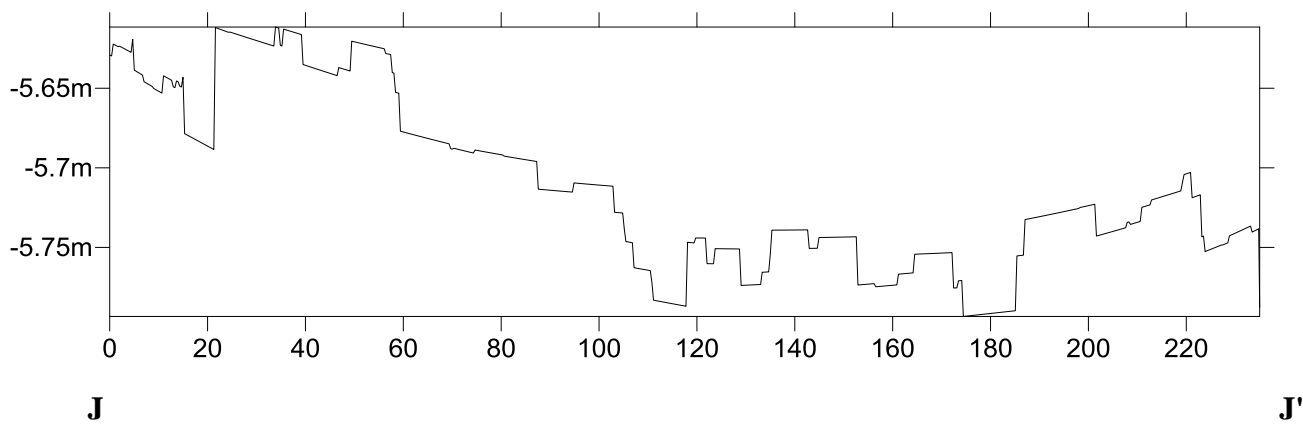
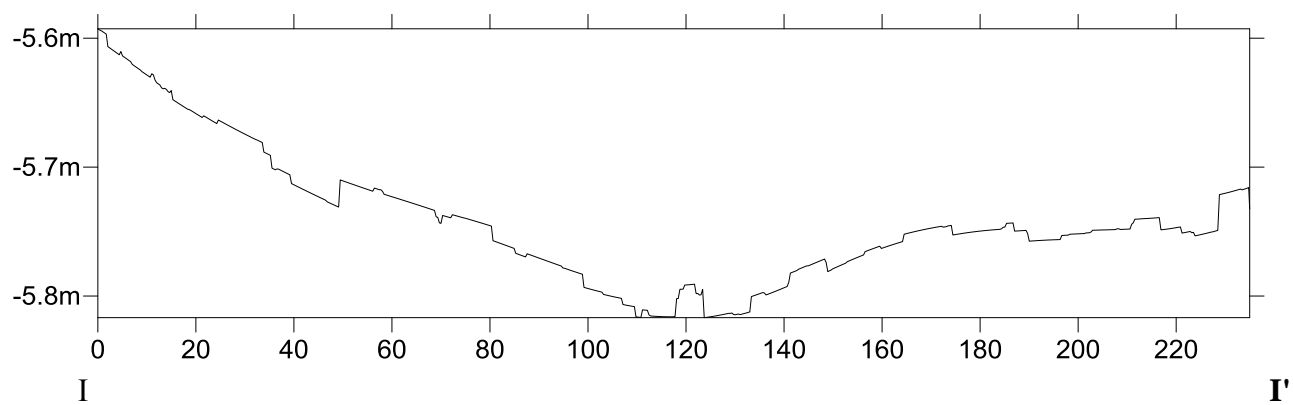
F-J



Batimetri Agustus 2011







DAFTAR PUSTAKA

Achmad, Z. 2011. *Analisa Pola Arus dan Laju Sedimentasi Terhadap Perubahan Batimetri di Perairan Teluk Tomini Gorontalo*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya

Afsal, Mohammad Saud. 2013. *3D Numerical Modelling of Sediment Transport under Current and Waves*. Thesis. Department of Civil and Transport Engineering. Faculty of Engineering Science and Technology-NTNU. Norway

Bungard, Klavs and Rene Jensen. 2006. *Tanjung Priok Port Urgent Rehabilitation Project, Numerical Modelling – Plume Scenarios*. JICA Study Team. Jakarta

Cahyadi, Dony Eko. 2009. *Analisis Sedimentasi Akibat Reklamasi di Teluk lamong*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya

Coastal Engineering Research Center (CERC), 1984. *Shore Protection Manual Volume I and II*, US Army Engineering Waterways Experiment Station, Washington DC, USA

Fredsøe, Jørgen dan Rolf Deigaard. 1992. *Mechanics of Coastal Sediment Transport*. Singapore: World Scientific

Galvin, C. 1982. *Shoaling with bypassing for channels at tidal inlets*. 18th ICCE, Sydney, Australia

Hakim, Al M.Habib.M.2010. *Studi Penanggulangan Sedimentasi di Dermaga Domestik PT.TerminalPetikemas Surabaya*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan ITS. Surabaya

Komar dan Paul D. 1997 . *Sediment Accumulation Tillamook Bay, Oregon, A Large Drowned -River Estuary*. Report for the Tillamok Bay National Estuary Project. Oregon State University

- Lawson, S.E, P.L Wiberg, K.J McGlathery, dan D.C Fugate. 2007. *Wind-Driven Sediment Suspension Controls Light Availability in a Shallow Coastal Lagoon*. Estuaries and Coasts 30 (Feb): 102-112
- Krumbein, W.C. 1937. *The Sediments of Barataria Bay*. Journal of Sedimentary Petrology 7 (1).
- Maulana, Indra. 2008. *Analisa Sedimentasi di Dermaga Domestik Terminal Petikemas Surabaya*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Mayor-Mora, R. Mortensen, P. Dan Fredjoe, J. 1976. *Sedimentation studies on the Niger River Delta*. 15th ICCE, Honolulu, Hawaii.
- Mitchell, S.B, H.M Burgess, dan D.J Pope. 2006. Stratification and fine sediment transport mechanisms in a semi-enclosed tidal lagoon (Pagham Harbour, West Sussex). *Water and Environmental Journal* 20: 248-255
- Nikuradse. 1933. *Strömungsgesetze in Rauhen Roren*. Forschung Arb Ing Wesen No. 361
- Pelindo II. 2012. *Tanjung Priok*. URL: <http://www.indonesiaport.co.id/read/tanjung-priok.html>. Diakses pada : 9 Oktober 2014
- Suntoyo. 2014. *Modul Ajar Mekanika dan Teknologi Transportasi Sedimen*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Silvester, Richard dan John R C Hsu. 1997. *Coastal Stabilization*. Singapore: World Scientific
- Simons, D.B dan E.V Richardson. 1966. *Resistance to Flow in Alluvial Channels*. Geological Survey Prof. Paper 422-I. Washington. USA
- Trawle, M.J. dan Herbich, J.B. 1980. *Prediction of shoaling rates in offshore navigation channels*. Center for Dredging Studies,

Department of Civil Engineering, Texas Engineering Experiment Station,
COE report No.232, USA

van Rijn, Leo. C. 1990. *Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries, and Coastal Seas*. Amsterdam : Aqua Publications

van Rijn, Leo. C. 2006. *Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries, and Coastal Seas Part II*. Amsterdam : Aqua Publications

van Rijn, Leo. C. 2011. *Principles of Fluid Flow and Surface Wave in Rivers, Estuaries, Seas, and Ocean*. Amsterdam : Aqua Publications

Wahyuni, Nurul. 2014. *Analisa Laju Volume Sedimentasi Di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya